

DOINA-LIANA TOMA • ALEXANDRU MANOLIU
VALERIU ZANOSCHI

PLANTA — O UZINĂ VIE







Știința și tehnica pentru toți
Seria Agricultură

COLECȚIA „ȘTIINȚA ȘI TEHNICA PENTRU TOȚI"
Seria Agricultură

Apare sub egida
CONSILIULUI NAȚIONAL AL FRONTULUI DEMOCRAȚIEI ȘI UNITĂȚII SOCIALISTE

Dr. DOINA — LIANA TOMA
Dr. ALEXANDRU MANOLIU
Dr. VALERIU ZANOSCHI

PLANTA — O UZINĂ VIE



EDITURA CERES
București, 1988

LUCRĂRI RECENT APĂRUTE ÎN CADRUL COLECȚIEI „ȘTIINȚA ȘI TEHNICA PENTRU TOȚI" SERIA AGRICULTURĂ:

Lucian Atanasiu	— Valorificarea produșilor fotosintezei
Lubovi Țipa Dan Robescu	— Bătălie pentru apa vie
Dan Stamatoiu D. Georgescu	— Prezent și viitor în creșterea bovinelor
Sârghi Trandafir	— Cultura viței de vie pe spații mici
Ghizdavu Nicolae	— Feromonii în combaterea insectelor dăunătoare
Petre Niculiță	— Incursiune în lumea temperaturilor scăzute
Viorel Răducu Nicoleta Răducu	— Amenajarea locuințelor rurale, vol. I și II
Petre Săbădeanu	— Organizarea fermelor specializate pentru producerea de semințe la plantele furajere

LUCRĂRI ÎN CURS DE APARIȚIE:

Nicolae Giurumescu	— Vechimea în muncă în unitatea agricolă cooperatistă
Valeriu Zanoschi Adrian Ionel Angela Toniuc	— Adaptarea la mediu în lumea plantelor
Valeriu Zanoschi	— Cum se înmulțesc plantele
Mari—Ann Drohotă	— Cultura citricelor în gospodărie

I. APARIȚIA PRIMELOR FORME DE VIAȚĂ PE PĂMÎNT

Se consideră că vîrsta Universului este de aproximativ 12 miliarde de ani, că formarea crustei solide a Pămîntului s-a produs cu aproximativ 4,6—5 miliarde de ani în urmă și că pe Pămînt evoluția biologică a început acum 3,8—4 miliarde de ani.

Întrebarea cum a apărut viața pe planeta noastră, de fapt una din cele mai fascinante probleme la care trebuie să răspundă mintea omenească, a trezit dintotdeauna interesul oamenilor. Referitor la această problemă au fost enunțate numeroase ipoteze și teorii potrivit fiecărei epoci și în legătură directă cu nivelul de cunoștințe acumulat.

Primele idei materialiste privind apariția vieții pe Pămînt sînt înregistrate în antichitate sub forma teoriei generației spontane. Conform acestei teorii, unele ființe ca viermii, peștii, insectele, păsările, șoarecii, plantele apar direct din materia lipsită de viață (mîl, bălegar, gunoi). Marele filozof grec A r i s t o t e l (384—322 î.e.n.) susținea că ființele se nasc din alte ființe, dar unele pot apare și spontan, din materia lipsită de viață. Un alt învățat al antichității, A n a x a g o r a s (500—428 î.e.n.) a emis t e o r i a p a n-

s p e r m i e i, după care ființele se nasc din mîl prin fecundarea lor de către germenii prezenți peste tot, numiți *spermata*. Această teorie a fost reluată mult mai tîrziu, chiar și în ultimele decenii ale secolului nostru*

În Evul Mediu apariția vieții era explicată tot prin teoria generației spontane, dar sub influența unei pretinse forțe supranaturale.

În secolul al XVII-lea apare o primă dovadă științifică împotriva acestei teorii, prin experiențele savantului italian F. R e d i (1626—1698). El a demonstrat că „viermii albi" de pe carne nu apar în mod spontan, ci din ouăle depuse de muște. În secolul al XIX-lea, savantul francez L. P a s t e u r (1822—1895) a demonstrat experimental că nici microorganismele nu apar spontan, ci din germenii răspîndiți în aer. În felul acesta s-a argumentat științific absurditatea teoriei generației spontane, fapt ce a permis reluarea sub diferite forme a vechii teorii a panspermiei.

O teorie științifică privind apariția vieții pe planeta noastră a fost emisă de savanții A. I. O p a r i n (1922) și J. B. S. H a l d a n e (1928). Conform acestei teorii, în condițiile existente în momentul formării Pămîntului, într-o *etapă prebiologică*, s-au format mai întîi substanțe anorganice și organice.

*Recent (1973—1983 a fost emisă *ipoteza panspermiei dirijate*, după care viața ar fi apărut pe o altă planetă „mai veche". De pe această planetă, ființe inteligente ar fi transportat în nave spațiale perfecționate forme vii elementare, și le-ar fi însămînțat pe Pămînt care era steril. Planetele pe care ar fi apărut viața ar aparține unor sisteme solare ce au avut o evoluție cu cîteva miliarde de ani anterioară celei a Pămîntului.

În această etapă, în atmosfera Pămîntului lipsită de oxigen, au existat substanțe simple ca hidrogenul, amoniacul, metanul și vapori de apă. Din acestea, sub influența radiațiilor ultraviolete, a temperaturii ridicate și a descărcărilor electrice s-au format unele substanțe complexe ca aldehide, alcooli, acizi organici și aminoacizi. Din aminoacizii formați în atmosferă și în apa oceanului planetar, unde constituiau o „supă organică", prin concentrare și polimerizare s-au izolat „picături" macromoleculare de natură proteică, numite *coacervate* (de la cuvîntul latin „coacervo" — a aduna grămadă). Acestea nu erau aglomerări dezordonate de molecule, ele aveau o structură internă, fiind separate de mediul extern de o membrană. În același timp, ele manifestau unele funcții morfo-fiziologice, dar nu ca într-o celulă vie. Se consideră că în etapa prebiologică s-au produs procese variate de selecție, de adaptare și evoluție moleculară. Evoluția acestor coacervate a continuat prin nutriție cu substanțe existente în „supa organică", iar printr-un schimb material tot mai intens cu mediul au apărut forme mai evoluate numite *protobionți*, forme biologice primitive. Aceștia au căpătat o mai mare precizie în coordonarea proceselor chimice și a autoreproducerii, ceea ce însemna de fapt un metabolism asemănător celui întîlnit la ființele vii. Materia protobionților a devenit astfel prima materie vie. Din acest moment începe *etapa biologică* de evoluție a materiei vii prin apariția primelor organisme la care a început formarea organitelor, necesare efectuării diferitelor funcții fiziologice. Desigur că ideile acestei teorii au trezit interesul oamenilor de știință și necesitau verificarea ei experimentală.

O primă experiență a fost făcută de M. C a l v i n în anul 1951, care, prin iradierea unui amestec de gaze în mediu oxidant, a obținut acid și aldehidă formică.

În anul 1953, studentul S. L. Miller, pornind de la ipotezele lui A. I. Oparin și J. B. S. Haldane privind compoziția atmosferei primitive a Pămîntului a supus unor descărcări electrice puternice, asemănătoare fulgerelor (≈60.000 V) la temperatura de 60°, un amestec de hidrogen, metan, amoniac și vapori de apă, timp de o săptămînă. După acest interval a constatat formarea de acid și aldehidă formică, acid acetic și cianhidric, aminoacizi, glucide, grăsimi, adică o parte din cele mai importante substanțe organice care intră în alcătuirea materiei vii.

Alți autori au obținut în laborator baze purinice și pirimidinice, precum și riboza și dezoxiriboza — componente ale acizilor nucleici. În 1965, C. Ponnamperuma a obținut acizi nucleici din gazele presupuse că existau în atmosfera primară a Pămîntului, prin iradiere cu raze gamma sau ultraviolete, la temperaturi de 150°, în prezența acidului fosforic.

De o deosebită valoare științifică au fost experiențele lui S. W. Fox, începute în anul 1965, care i-au permis să elaboreze *ipoteza proteinoidelor*. El a folosit diferiți aminoacizi pe care i-a supus policondensării termice, în lipsa apei, timp de cîteva ore, la temperaturi de 130—180°C, sau o perioadă mai îndelungată la 60°C și a obținut în final substanțe numite *proteinoide*, asemănătoare cu proteinele obținute pe cale biologică. Proteinoidele au o greutate mare, conțin 18 aminoacizi și formează microsfere cu diametrul de 1,5—3 μ (1μ = 1/1.000 mm) asemănătoare cu bacteriile sferice. Microsferele ar purta informația genetică datorită unor acizi nucleici primitivi. Însușirea esențială a proteinoidelor este capacitatea de a se organiza în protocelule — celule primitive capabile de „metabolism", creștere și reproducere; microsferele proteinoide pot să crească, să se dividă sau să formeze muguri ce dau a doua generație de microsfere.

În anul 1980, A. I. Oparin și K. L. Gladilin au emis o versiune recentă a *teoriei coacervatelor*. O teorie recentă asupra originii vieții denumită „teoria la rece" a fost elaborată de C. I. Simionescu și F. Deneș, în anul 1983.

Din enunțarea principalelor ipoteze științifice moderne și verificarea lor experimentală, rezultă că din substanțele organice simple, sintetizate pe cale abiogenă — lipsită de viață (aminoacizi, baze azotate, glucide ca riboza și dezoxiriboza) au apărut substanțe organice complexe de tipul proteinelor și acizilor nucleici. Din interacțiunea acestora s-au format complexe mult mai stabile, nucleoproteice. Acizii nucleici (acidul dezoxiribonucleic — ADN și ribonucleic — ARN) și-au asumat rolul de purtători ai informației genetice, în timp ce substanțele proteice dețin principalul rol structural și funcțional.

Asupra apariției informației genetice există mai multe păreri. Astfel, unii cercetători susțin caracterul primordial al ADN-ului, iar alții acordă un rol esențial ARN-ului sau unor protoproteine — proteine primitive, ca purtători ai informației genetice primitive. Potrivit ipotezelor privind caracterul primordial al ADN-ului, viața a apărut plecîndu-se de la cîteva „gene nude". Acestea erau molecule de ADN apărute spontan în oceanul primitiv, care au căpătat proprietatea de a se autoreplica, producînd alte molecule identice cu primele. La început replicarea se efectua cu erori, ceea ce a determinat o heterogenitate (diversitate) destul de mare în moleculele copii. Deoarece rezervele de nucleotide disponibile erau limitate, între moleculele replicative

s-a declanşat o competiţie, o adevărată „luptă pentru existenţă" la nivel molecular. În această confruntare unele au „descoperit" posibilitatea de a se proteja prin fabricarea unui înveliş protector şi astfel a apărut prima *celulă*.

Ipotezele care pledează pentru rolul primordial al ARN-ului ca purtător al informaţiei genetice susţin că viaţa a apărut pe Pămînt odată cu strămoşii ribotipurilor — sistemele ribonucleoproteice ale celulelor.

Ipoteza conform căreia protoproteinele au fost purtătorii primordiali ai informaţiei genetice primitive necesare evoluţiei vieţii susţine că protenoidele au fost primele macromolecule informaţionale.

Primele organisme vii de pe Pămînt aveau o structură foarte simplă fiind de tip *procariot*: nu aveau nucleu organizat, nu posedau forme evoluate de înmulţire — mitoza şi meioza (forme de diviziune a celulelor), iar materialul genetic se afla repartizat în toată citoplasma celulei. În prezent, procariotele sînt reprezentate prin virusuri, bacterii şi alge albastre—verzi. Odată cu trecerea de la viaţa anaerobă — în absenţa oxigenului, la viaţa aerobă — în prezenţa oxigenului, apar primele organisme *eucariote*: care posedă nucleu înconjurat de membrana nucleară, diviziune mitotică şi meiotică, cromozomi rezultaţi din condensarea materialului nuclear. Din grupa eucariotelor fac parte plantele (cu excepţia celor ce aparţin procariotelor) şi animalele.

2. NOŢIUNI GENERALE PRIVIND ALCĂTUIREA CORPULUI PLANTELOR

Oamenii de ştiinţă sînt de părere că primul sistem celular procariot, la care sinteza substanţelor organice se realiza prin fermentaţie, a dobîndit capacitatea de a produce porfirine (substanţe chimice naturale care formează structura de bază a clorofilei) şi pe această bază de a absorbi lumina vizibilă. În felul acesta au apărut primele microorganisme fotosintetizatoare. Deoarece aceste vieţuitoare erau anaerobe (puteau să trăiască într-un mediu lipsit de oxigen), foloseau pentru reducerea bioxidului de carbon, hidrogenul din diverse molecule organice sau din hidrogenul sulfurat. Mai tîrziu, pentru reducerea bioxidului de carbon, s-a trecut la folosirea hidrogenului din apă, proces urmat de eliberarea oxigenului care schimbă compoziţia atmosferei.

Se presupune că aşa s-au format primele vieţuitoare, denumite *alge albastre*, capabile să-şi sintetizeze singure substanţele organice necesare din substanţe anorganice (bioxid de carbon, apă şi săruri minerale), cu ajutorul energiei solare.

Algele albastre alcătuiesc un grup de plante cu o organizare simplă. Astfel, corpul lor este format dintr-o singură celulă lipsită de un nucleu diferenţiat (pro-

cariote) și care conține o serie de pigmenți cum ar fi clorofila „a", ficocianina, ficoeritrina și diverși carotenoizi. Acești pigmenți, amestecați în diferite proporții, dau culoarea albăstruie plantelor. Cu ajutorul lor algele albastre au putut folosi energia luminii solare pentru sinteza substanțelor organice din compuși minerali. Apariția acestui nou mod de nutriție, cu carbon, a constituit un adevărat salt calitativ în evoluția vieții. Algele albastre trăiesc și în zilele noastre. Ele sînt foarte puțin pretențioase și se pot adapta ușor la cele mai diferite condiții ale mediului. Așa se explică faptul că le putem întîlni în crăpăturile ghețarilor polari, în apele fierbinți ale gheizerelor, în zăcămintele de petrol de pe fundul Mării Caspice, în deșerturi, în insulele contaminate radioactiv ș.a.m.d.

În prezent, se admite că trecerea de la organismele procariote străvechi, la organismele eucariote (cu nucleu și membrană nucleară) mai evoluate, s-a realizat printr-o serie de simbioze succesive. Astfel, o primă simbioză s-a realizat între un procariot anaerob și un procariot aerob care a evoluat în mitocondria celulelor eucariote. Din această simbioză au rezultat *amoebele*. A doua simbioză a avut loc între o amoebă și un procariot flagelat rezultînd astfel *amoeboflagelatele*. Teoria simbiozelor succesive susține că pentru apariția plantelor verzi a fost nevoie de o a treia simbioză între amoeboflagelate și o algă albastră-verde, strămoșul cloroplastelor de azi, care a conferit capacitate fotosintetică celulelor eucariote. Plantele verzi s-au diversificat și s-au extins repede, limitînd locurile de trai ale algelor albastre. În prezent, răspîndirea plantelor pe pămînt este practic nelimitată. Ele pot fi întîlnite în toate zonele geografice, climatice, în toate mediile de viață. Diversitatea condițiilor în care au fost obligate să-și ducă viața le-a influențat profund aspectul

exterior, alcătuirea internă a corpului, dimensiunile și principalele funcții vitale ca: nutriția, respirația, creșterea, înmulțirea etc. (Vezi lucrarea: „Adaptarea la mediu în lumea plantelor", apărută în anul 1988, în aceeași colecție).

Dar ce este o plantă și cum este alcătuită această adevărată uzină vie, fără de care viața pe pămînt n-ar putea exista? Planta este o ființă vie, constituită din unități structurale numite celule, care se hrănește cu substanțe anorganice, nu se poate deplasa, nu are organe de simț și nervi, dar este capabilă să reacționeze cu o sensibilitate fină și precisă la factorii mediului înconjurător. Una din caracteristicile esențiale ale plantelor este culoarea lor verde.

După numărul celulelor din care este alcătuită o plantă, deosebim: *plante monocelulare*, formate dintr-o singură celulă (bacteriile, algele albastre, unele alge verzi, diatomeele și unele ciuperci) și *plante pluricelulare*, alcătuite din numeroase celule (majoritatea plantelor).

Celula. Este unitatea de bază în care au loc fenomenele esențiale ale vieții plantei. Forma celulelor vegetale este foarte diferită. Aceasta depinde de funcția pe care o îndeplinesc și de poziția ocupată în organism. De exemplu, o celulă cu rol de apărare se deosebește mult de o celulă cu rol asimilator, sau de o celulă în care se depozitează substanțe de rezervă. Mărimea celulelor variază de la cîțiva microni, pînă la cîțiva centimetri sau chiar metri. Indiferent de forma și mărimea lor toate celulele au o structură de bază asemănătoare (fig. 1).

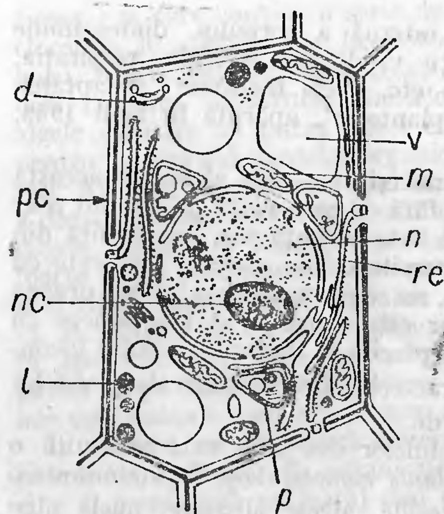


Fig. 1. Schema structurii unei celule vegetale: *p. c* — perete celular; *d.* — aparatul Golgi (dictiosom); *n* — nucleu; *n. c* — nucleol; *l* — lipide; *v* — vacuolă; *m* — mitocondrii; *r. e* — reticul endoplasmatic; *p* — plastide

Astfel, o celulă vegetală este alcătuită din mai multe componente, cu înfățișare și activități vitale precis determinate numite *organite*. Unele organite ca: citoplasma, reticulul endoplasmatic, nucleul, plastidele, mitocondriile, ribozomii, aparatul Golgi, centrul celular ș.a. sînt vii și împreună alcătuiesc *protoplastul* sau partea vie a celulei, iar altele cum ar fi peretele celular, vacuolele și așa-numitele incluziuni ergastice sînt lipsite de viață și formează împreună *paraplasma*.

Citoplasma reprezintă substanța fundamentală a celulei vegetale în care au loc procesele vitale și care include toți ceilalți constituienți, cu excepția peretelui celular. Are o alcătuire chimică foarte complexă. Astfel, în compoziția sa au fost identificate peste 60 de elemente chimice, care se găsesc, mai ales, sub formă de compuși organici (protide, lipide, glucide, enzime, hormoni, vitamine), precum și sub formă de apă și substanțe minerale. Citoplasma prezintă la contactul cu peretele celular o peliculă fină, formată din proteine și lipide, numită *plasmalemă*, iar la contactul cu vacuola se află o altă peliculă, de aceeași natură, numită *tonoplast*. Aceste pelicule ale citoplasmei prezintă o permeabilitate selectivă, reglînd intrarea și ieșirea substanțelor din celulă.

Reticulul endoplasmatic se prezintă ca o rețea de tuburi, canalicule și vezicule, care se pare că ar avea rol în transportul de substanțe în celulă.

Ribozomii sînt niște corpusculi sferici, care conțin proteine și acid ribonucleic (ARN). La nivelul lor are loc sinteza proteinelor celulare. Ribozomii se găsesc atașați pe anumite porțiuni ale reticulului endoplasmatic sau liberi în citoplasmă.

Nucleul este un organit sferic, oval, turtit, cilindric etc. în funcție de forma și vîrsta celulei. Mărimea nucleului variază după specia de plante, fiind în general de 10—50 μ. La majoritatea plantelor, celulele au un singur nucleu, dar există și celule care conțin mai mulți nuclei. De exemplu, la unele plante inferioare, cum este alga *Cladophora*, într-o celulă s-au găsit 100 de nuclei. Nucleul prezintă o membrană nucleară care îl separă de citoplasmă. Conținutul nucleului este format din suc nuclear, cromatină și 1—2 corpușoare mici numite *nucleoli*. Din punct de vedere chimic nucleul este alcătuit dintr-un complex de substanțe care se colorează intens și de aceea sînt cunoscute sub numele de *cromatină*. Din cromatină se formează *cromozomii*, de diferite forme (V, X, U, Y) vizibili numai la microscop. Forma, mărimea și numărul cromozomilor sînt caracteristice pentru fiecare specie de plantă sau animal. Componenta chimică cea mai importantă a cromozomilor o reprezintă acidul dezoxi-

ribonucleic (ADN). Acest acid nucleic este purtătorul şi transmiţătorul însuşirilor ereditare. Segmente ale macromoleculei de ADN alcătuiesc *genele*, cele mai mici unităţi funcţionale ale eredităţii.

Plastidele sînt organite specifice celulelor vegetale. Ele lipsesc din celula bacteriilor, algelor albastre, ciupercilor şi din celulele animale. Unele sînt colorate iar altele incolore. Cele necolorate, numite *leucoplaste*, se găsesc în celulele petalelor florilor albe, în părţile subterane ale plantelor (de exemplu în tuberculul de cartof), în seminţe etc. Plastidele colorate sînt de două feluri: *cromoplaste* şi *cloroplaste*. Cromoplastele sînt plastide colorate în roşu, galben, portocaliu, sau cu nuanţe intermediare acestor culori. Ele dau culoarea unor flori, fructe, seminţe, rădăcini etc., deoarece conţin pigmenţi numiţi *carotenoizi*, cum ar fi: carotenul, xantofila, licopenul.

Cloroplastele sînt corpuşoare sferice, ovale, discoidale sau lenticulare, de culoare verde. Ele dau culoarea verde frunzelor, ramurilor tinere, tulpinilor erbacee, sepalelor, fructelor necoapte etc. deoarece sintetizează şi conţin pigmentul verde *clorofila*. La plantele cu flori, o celulă poate conţine circa 20—50 de cloroplaste, la unele chiar pînă la 100, fiecare dintre ele avînd 3—10 μ în lungime şi 0,5—4 μ în grosime. În anumite limite mărimea lor este constantă pentru acelaşi tip de celule, dar variază în funcţie de anumite condiţii. De exemplu, la plantele de umbră, cloroplastele sînt mai mari şi conţin mai multă clorofilă decît la cele crescute la lumină. La algele verzi într-o celulă se află puţine cloroplaste (1—3), dar acestea sînt de dimensiuni considerabile. Cloroplastele din celulele algelor sînt cunoscute sub numele de *cromatofori* şi au forme variate: de panglică spiralată, lamelară,

stelată, de clopot etc. Cloroplastele se pot deplasa odată cu citoplasma care se mişcă (pasiv) sau independent de aceasta (activ) în funcţie de intensitatea luminii.

Structura cloroplastelor a fost studiată cu ajutorul microscopului electronic. Această structură variază destul de mult de la un grup de plante la altul, de la o specie la alta şi chiar la aceeaşi specie de la un ţesut la altul. Totuşi planul general de structură rămîne acelaşi. În cele ce urmează, vom insista asupra structurii cloroplastelor deoarece ele reprezintă microuzine energetice şi biosintetice în cadrul marelui combinat care este planta în totalitatea sa. Astfel, un cloroplast este învelit la exterior de două foiţe care închid în interior o masă fluidă numită *matrix* sau *stromă*. Foiţa internă emite creste ce se prelungesc sub forma unor saci turtiţi care străbat stroma în tot lungul ei avînd o dispoziţie aproape paralelă cu suprafaţa organitului. Aceste lamele alipite se numesc *lamele stromatice* (tilacoide sau stromatilacoide). În lungul lamelelor stromatice se diferenţiază din loc în loc elemente de forma unor saculi sau discuri lenticulare, numite *discuri granare* sau *granatilacoide*. Aceste discuri granare se suprapun ca monedele într-un fişic şi totalitatea lor alcătuieşte ceea ce se numeşte *grana*. Deci interiorul cloroplastului prezintă zone granare, mai groase, separate de zone intergranare, în care stroma este străbătută numai de *lamele stromatice* (fig. 2) Din punct de vedere chimic, cloroplastele plantelor superioare conţin: proteine (56,4%), lipide (31,9%), clorofilă (7,7%), pigmenţi carotenoizi (2—3%), ARN plastidial, urme de ADN, enzime, vitamine (K, E), elemente minerale (magneziu, fier, mangan, cupru, zinc). Aşadar, cloroplastele conţin mai mulţi pigmenţi cu rol în hrănirea plantei. Cel mai important este *clorofila*, care, aflîndu-

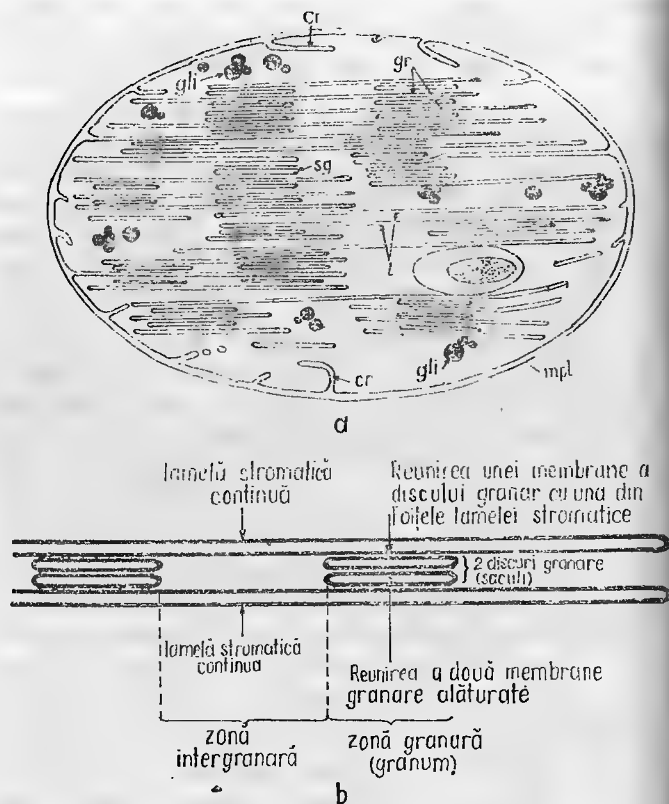


Fig. 2. *a* — Structura unui cloroplast:

m. pl — membrană plastidială; *l* — lamelă stromatică; *s. g* — sacul granar; *g r.* — granum; *c. r* — creste; *g li.* — globule lipidice;

b — schemă care explică arhitectura zonelor granare și intergranare ale unui cloroplast

r în cantitate mai mare îi maschează pe cei carotenoizi (xantofila și carotenul). La algele brune, dimpotrivă, clorofila este mascată de alt pigment numit *fucoxantină*, iar la algele roșii de *ficoeritrină*. Clorofila este dispusă pe fața externă a lamelelor care mărginesc discurile granare și pe fața internă a tilacoidelor granare. Clorofila nu este însă un pigment unic. Cu ajutorul metodelor moderne de cercetare au fost separați mai mulți pigmenți clorofilieni și anume: clorofila a, clorofila b, bacterioclorofila și bacterioviridina. Ultimele două categorii de pigmenți se întîlnesc numai în celula anumitor tipuri de bacterii.

Mitocondriile sînt organite vii în formă de grăuncioare sferice sau ovale, bastonașe drepte, curbate și foarte fragile. Ele reprezintă sediul respirației celulare și de aceea sînt socotite uzinele energetice ale celulei.

Aparatul Golgi este alcătuit din niște corpusculi lamelari, în formă de săculețe turtite, suprapuse și unite în partea lor centrală. Aceste formațiuni au rol în procesele de secreție și excreție celulară.

La plantele inferioare a fost pus în evidență și un *centru celular*, cu rol în diviziunea celulară.

Majoritatea celulelor vegetale sînt acoperite la exterior de un înveliș solid numit *perete celulozic* (membrană) care separă celulele una de alta, protejează întreg conținutul celulei și dă o anumită formă celulei. Peretele celulei este prevăzut cu pori ce permit schimbul de gaze cu mediul înconjurător. Prin acești pori străbat firișoare fine de citoplasmă, numite *plasmodesme*, care fac legătura cu citoplasmele tuturor celulelor.

Vacuolele sînt niște vezicule de forme și mărimi diferite, separate de citoplasmă, în care se adună tot excesul de apă din celulă și diverse substanțe minerale și organice care alcătuiesc împreună sucul celular sau

vacuolar. Pe baza diferenței de concentrație dintre sucul vacuolar și soluția solului, celula poate absorbi apa și substanțele minerale de care are nevoie.

În celula vegetală se mai găsesc niște formațiuni corpusculare localizate în citoplasmă sau vacuole, numite *incluziuni ergastice*. Acestea sînt reprezentate prin grăuncioarele de amidon, grăuncioarele de aleuronă și cristalele minerale. Unele (amidonul, aleurona) pot servi ca materii de rezervă, iar altele (cristale minerale) constituie substanțe de excreție.

La plantele monocelulare, celula este capabilă să îndeplinească singură toate funcțiile vitale caracteristice unui organism viu. În schimb la plantele pluricelulare, celulele se diferențiază și se specializează pentru îndeplinirea unor anumite funcțiuni. Cu cît o plantă se află pe o treaptă mai ridicată în scara evolutivă, cu atît numărul tipurilor de celule diferențiate este mai mare. Astfel, plantele inferioare au 3—10 tipuri de celule diferențiate, mușchii au circa 20 tipuri, ferigile 27 tipuri, iar angiospermele au pînă la 78 de tipuri celulare diferite.

Țesuturile. La plantele superioare, grupările de celule specializate pentru îndeplinirea anumitor funcțiuni, avînd din această cauză aceeași formă și structură, formează țesuturi. Astfel, după funcțiile pe care le îndeplinesc țesuturile vegetale se pot grupa în: țesuturi de origine sau meristeme; de apărare; trofice; conducătoare, mecanice sau de susținere, secretoare și excretoare ș.a.

Țesuturile de origine sau meristematice sînt formate din celule mici, tinere, care au o mare capacitate de diviziune dînd naștere la celule din care se vor forma toate celelalte țesuturi ale plantei. Unele meristeme,

numite primare, determină creșterea în lungime a plantelor, iar altele, numite secundare (cambiul, felogenul) asigură creșterea în grosime a plantelor.

Țesuturile de apărare îmbracă corpul plantelor, protejîndu-l împotriva acțiunii agenților dăunători externi. În această categorie de țesuturi intră: rizoderma (care asigură protecția rădăcinii), epiderma (care acoperă și apără tulpina tînără), suberul și ritidomul (care protejează tulpinile bătrîne ale plantelor lemnoase, mai ales). *Țesuturile trofice* sînt formate din celule vii, cu pereții subțiri, care pot îndeplini funcții diferite, cu rol în asigurarea hrănirii plantei. Astfel, unele au rolul de a absorbi apa cu sărurile minerale din sol sau din aer (acestea se numesc *parenchimuri absorbante*), altele, numite *parenchimuri asimilatoare*, sînt formate din celule ce conțin cloroplaste și îndeplinesc funcția principală de fotosinteză. Tot în categoria țesuturilor trofice intră și așa-numitele *parenchimuri de depozitare*, formate din celule mari, lipsite de cloroplaste, cu pereții subțiri sau îngroșați, în care se acumulează cele mai variate substanțe (amidon, zaharoză, protide, lipide, glicozizi, taninuri, diverși alcaloizi etc.).

Țesuturile conducătoare au rolul de a conduce apa cu sărurile minerale (seva brută) de la rădăcină, prin tulpină, către frunze și seva elaborată de la frunze și alte organe asimilatoare, către locurile de consum sau de depozitare. Țesuturile conducătoare se împart în: *țesut conducător lemnos*, alcătuit din vase lemnoase perfecte (trahei) și imperfecte (traheide), prin care circulă seva brută, și *țesut conducător liberian*, format din vase liberiene sau tuburi ciuruite prin care circulă seva elaborată. Vasele lemnoase nu se află împrăștiate, izolate, în corpul plantelor, ci sînt asociate cu un țesut de legătură, numit parenchim lemnos, alcătuind fasciculele conducătoare lemnoase. Vasele liberiene, ca și

cele lemnoase, nu se găsesc izolate în corpul plantelor ci sînt însoţite de celule anexe (la angiosperme) şi parenchim liberian, alcătuind împreună fascicule conducătoare liberiene.

Ţesuturile mecanice din corpul plantelor le putem compara cu armăturile metalice din betonul armat, avînd rolul de a asigura rezistenţa, elasticitatea şi flexibilitatea plantelor la îndoiri, tracţiuni şi alte forţe exercitate asupra lor. Aceste ţesuturi sînt constituite din celule vii sau moarte, cu pereţii foarte îngroşaţi şi aşezate strîns unite între ele. Mai menţionăm faptul că în procesul metabolic al plantei anumite celule s-au specializat să producă unele substanţe complexe, ca: uleiuri eterice, răşini, latex, mucilagii, alcaloizi, balsamuri, gume etc. Unele produse sînt reutilizate (produse de secreţie), iar altele sînt eliminate (produse de excreţie).

Ansambluri de ţesuturi diferite alcătuiesc un organ vegetal, iar totalitatea organelor formează corpul unei plante.

Diversitatea plantelor care populează mediul terestru este imensă. Totuşi, luînd în considerare complexitatea organizării corpului lor, le putem împărţi în două grupe mari: *plante inferioare*, numite *talofite* şi *plante superioare*, numite *cormofite*.

Talofitele se caracterizează printr-o organizare simplă, avînd corpul nediferenţiat în organe (rădăcină, tulpină, frunză). Corpul lor simplu, constituit din una sau mai multe celule, se numeşte *tal* şi este întotdeauna lipsit de vase conducătoare. Din această grupă fac parte: bacteriile, algele albastre, flagelatele, diatomeele, algele verzi, algele brune, algele roşii, ciupercile, lichenii ş.a.

Cormofitele sau plantele superioare au corpul diferenţiat în rădăcină, tulpină şi frunze. Din această

grupă fac parte ferigile şi toate plantele cu sămînţă. Ferigile sînt lipsite de flori în timp ce plantele cu sămînţă au corpul format din rădăcină, tulpină, frunze şi flori.

Rădăcina, tulpina şi frunza asigură nutriţia plantei şi se numesc *organe vegetative*, iar floarea asigură înmulţirea pe cale sexuată a plantelor superioare fiind deci un *organ de reproducere*. Aceste organe, constituite din ansambluri de ţesuturi diferite, formate la rîndul lor din grupări de celule specializate, alcătuiesc cea mai ingenioasă realizare a naturii, comparabilă cu un uriaş combinat chimic ce funcţionează cu o mare eficienţă asigurînd convertirea materiei minerale în materii organice cu ajutorul luminii solare. În cadrul acestui „combinat" unele organe s-au specializat în funcţia de aprovizionare cu materii prime necesare, altele asigură transportul lor la locul prelucrării, iar unele realizează convertirea propriu-zisă a substanţelor minerale în substanţe organice. Iată de ce, pentru înţelegerea mecanismelor care asigură realizarea acestor procese, socotim necesară o prezentare, chiar şi sumară, a organelor implicate în aceste procese.

Rădăcina. Este organul care fixează planta în sol şi absoarbe apa cu sărurile minerale dizolvate. Ea se dezvoltă din rădăciniţa embrionului şi în acest caz se numeşte rădăcină *principală* sau *normală*. La multe plante se pot forma rădăcini pe tulpină, ramuri sau frunze. Asemenea rădăcini se numesc *adventive*. Atît pe rădăcinile normale cît şi pe cele adventive se formează ramificaţii laterale de ordinul 1, 2, 3 etc. numite *radicele*. De-a lungul rădăcinilor se pot observa mai multe zone sau regiuni. Astfel, vîrful rădăcinii este protejat de un manşon numit *scufie* sau *piloriză*. Sub scufie se găseşte *conul* sau *vîrful vegetativ* al rădă-

cinii format din meristeme ce dau naștere celorlalte țesuturi ale rădăcinii. Deasupra vîrfului vegetativ se află *zona netedă*, care coincide cu zona de creștere în lungime a rădăcinii. După zona netedă, urmează, pe o distanță de unu pînă la cîțiva centimetri, o zonă cu numeroși peri fini, care formează în jurul rădăcinii un manșon. Aceasta este *zona piliferă* sau zona perilor absorbanți. Perii absorbanți iau naștere prin alungirea pereților externi ai celulelor rizodermei care îmbracă rădăcina. Prin această parte a rădăcinii se absoarbe apa și sărurile minerale. Urmează o *zonă aspră* lipsită de peri absorbanți. Deasupra zonei aspre, rădăcina se leagă cu tulpina printr-o porțiune de trecere numită *colet*.

Structura rădăcinii, adică felul celulelor și țesuturilor din care este alcătuită, se studiază la microscop pe secțiuni subțiri făcute în diferite regiuni ale rădăcinii. Astfel, pe o secțiune transversală, într-o rădăcină tînără, la nivelul regiunii pilifere, se observă că rădăcina este alcătuită din trei zone concentrice: rizoderma, scoarța și cilindrul central. *Rizoderma* îmbracă la exterior rădăcina și este alcătuită dintr-un strat de celule strîns unite între ele, cu toți pereții subțiri. Cele mai multe celule ale rizodermei se transformă în peri absorbanți. *Scoarța* se află sub rizodermă și este formată din mai multe straturi de celule cu pereții subțiri, care lasă între ele spații cu aer. La cele mai multe plante scoarța este diferențiată în trei subzone: *exoderma* (cutisul), *mezoderma* și *endoderma*. *Exoderma* este alcătuită din primele 2—4 straturi de celule ale scoarței, care își impregnează pereții cu o substanță de natură grasă numită suberină și devin impermeabile pentru apă și gaze, avînd rol protector mai ales la nivelul regiunii aspre. *Mezoderma*, formată din mai

multe straturi de celule, bogate în substanțe de rezervă, este partea cea mai groasă a scoarței. *Endoderma* este stratul cel mai intern al scoarței, adesea cu modificări speciale. *Cilindrul central* ocupă zona centrală a rădăcinii. El este format din periciclu, fascicule de vase conducătoare, raze medulare și măduvă. *Periciclul* este format dintr-un strat de celule dispuse în alternanță cu celulele endodermei. Pe seama lui se formează rădăcinile laterale. *Fasciculele conducătoare* sînt de două feluri: unele alcătuite numai din vase de lemn (prin care circulă seva brută) și altele numai din vase de liber (prin care circulă seva elaborată). Aceste fascicule sînt dispuse în alternanță fiind separate de *raze medulare*. Centrul rădăcinii este ocupat de *măduvă*.

Această structură, prezentată pe scurt, se numește structură primară. La multe plante însă, structura rădăcinii suferă modificări însemnate, formîndu-se și o structură secundară. Această structură rezultă prin activitatea a două meristeme secundare. Astfel, în cilindrul central apare un meristem numit *cambiu* care produce lemn secundar, liber secundar și raze medulare secundare, iar în scoarță se formează un alt meristem secundar, numit *felogen*, care dă naștere spre exterior la un țesut numit suber sau plută și spre interior la un alt țesut denumit feloderm. Aceste țesuturi noi, formate prin activitatea cambiului și felogenului, determină creșterea în grosime a rădăcinii.

Tulpina. Este organul plantei care susține frunzele, florile, fructele și asigură transportul sevei brute de la rădăcină spre frunze și a sevei elaborate de la frunze spre locurile de consum și depozitare. Tulpina își are originea în tulpinița (tigela) și mugurașul (gemula) embrionului seminței. Din tigelă se formează partea numită *hipocotil* iar din gemulă partea numită *epicotil*.

Creşterea în lungime a tulpinii se realizează prin aşa numitul *vîrf (con) vegetativ*. Tulpina este alcătuită dintr-o axă principală, pe care în mod obişnuit se află axe sau ramuri secundare, terţiare etc. Pe toate ramurile (axele) există frunze, iar la subsuoara lor se află muguri. Locurile unde se inseră frunzele devin mai umflate şi se numesc *noduri*, iar porţiunile dintre noduri se numesc *internoduri*. Deci tulpina este un organ articulat, ce poartă frunze şi muguri. După mediul în care trăiesc, tulpinile pot fi aeriene, subterane şi acvatice. Tulpinile aeriene sînt cele mai variate şi după consistenţă se împart în: ierboase, lemnoase şi cărnoase. Tulpinile subterane sînt modificate servind ca locuri de depozitare a substanţelor de rezervă. După înfăţişarea şi alcătuirea lor pot fi de mai multe feluri şi anume: rizomi, bulbi, tuberculi şi bulbotuberculi.

Structura tulpinii, tulpina, ca şi rădăcina, prezintă o structură primară şi alta secundară. Într-o secţiune transversală printr-o tulpină tînără se disting, de la exterior la interior, trei zone: epiderma, scoarţa şi cilindrul central. *Epiderma* înveleşte tulpina la exterior avînd rol de protecţie şi este formată dintr-un singur strat de celule strîns unite între ele, cu pereţii externi mai îngroşaţi şi acoperiţi de un strat de ceară, cutină, ori sînt impregnaţi cu săruri minerale. Printre celulele epidermice normale se află unele modificate numite celule stomatice. O stomată este alcătuită din două celule în formă de rinichi sau haltere, unite prin capetele lor şi lăsînd între ele o deschidere numită ostiolă prin care se face schimbul de gaze între plantă şi mediul extern. La nivelul epidermei se formează uneori şi peri cu rol secretor sau protector. *Scoarţa* este formată din mai multe straturi de celule cu pereţii subţiri, care lasă între ele spaţii cu aer. Adeseori, în tulpinile aeriene, celulele straturilor externe ale scoarţei conţin cloroplaste avînd deci rol asimilator. La majoritatea plantelor, tulpina este lipsită de o endodermă tipică, asemănătoare celei din rădăcină. Cel mai adesea stratul intern al scoarţei, lipsit de spaţii cu aer, se prezintă ca o teacă închisă ce conţine amidon, fapt pentru care se numeşte **teacă amiliferă.** *Cilindrul central* este format din totalitatea fasciculelor conducătoare, împreună cu ţesuturile dintre ele. La tulpină fasciculele de vase liberiene se găsesc alăturate de fasciculele lemnoase alcătuind împreună fascicule mixte libero-lemnoase, cu liberul orientat spre exteriorul tulpinii, iar lemnul spre interior. Ţesutul dintre fasciculele conducătoare formează **razele medulare,** iar cel din centrul cilindrului central reprezintă *măduva*.

Structura secundară a tulpinii rezultă tot prin activitatea celor două zone generatoare secundare: *cambiul* din cilindrul central şi *felogenul* din scoarţă.

Frunza. Este organul principal al plantelor superioare în care se realizează prelucrarea şi transformarea materiilor minerale în materii organice cu ajutorul luminii solare. La nivelul acestui organ vegetativ, în general lăţit şi cu creştere limitată, se realizează şi alte funcţii importante ca transpiraţia şi respiraţia. O frunză completă este alcătuită dintr-o parte lăţită numită *limb*, o codiţă sau *peţiol* şi *teaca* sau baza frunzei cu ajutorul căreia se prinde de tulpină. Există frunze cărora le lipseşte una sau două din aceste părţi. *Limbul* este partea principală a oricărei frunze. El poate fi întreg ori divizat în diferite moduri. Frunzele pot fi simple (cînd au un singur limb) şi compuse (cînd sînt alcătuite din mai multe foliole). Forma limbului este foarte diferită. Astfel, frunezle pot avea limbul circular, eliptic, ovat, lanceolat, liniar, triunghiular, romboidal, în formă de rinichi, de inimă,

de coasă, de suliță ș.a.m.d. Fețele limbului pot fi păroase ori lipsite de peri. Privind cu ochiul liber o frunză se observă ușor că este străbătută de firișoare simple ori ramificate, care de multe ori ies în relief, alcătuind dungi sau cordoane denumite *nervuri*. Cantitatea de lumină care ajunge la plante diferă foarte mult în funcție de așezarea pe glob, de altitudine, anotimp, orele zilei, limpezimea atmosferei etc. De aceea, în decursul evoluției, plantele s-au adaptat să trăiască în diferite condiții de iluminare. Așa se explică faptul că unele plante sînt iubitoare de lumină (heliofile), altele sînt iubitoare de umbră (sciofile), iar altele sînt capabile să trăiască în plină lumină dar rezistă și la umbră (heliosciofile). În toate cazurile frunzele sînt adaptate în vederea fixării unei cantități optime de lumină, necesară fotosintezei. Unul din cele mai uimitoare acte de adaptare constă în așezarea frunzelor pe tulpină în așa fel încît să nu se acopere una pe alta și fiecare frunză să capteze cît mai multă energie luminoasă. Să analizăm sumar acest lucru. Astfel, atunci cînd la fiecare nod al tulpinilor și ramurilor se află cîte o singură frunză, spunem că frunzele sînt alterne. În acest caz ar urma ca frunzele fiecărei părți să se umbrească unele pe altele. Acest lucru nu se întîmplă în realitate, deoarece, unind punctele de fixare pe tulpină a frunzelor așezate altern, obținem o linie care se înfășoară în jurul tulpinii ca o spirală. Acest mod de dispunere a frunzelor înlătură orice posibilitate de umbrire reciprocă. La alte plante frunzele sînt opuse, așezate într-o parte și alta a nodului, față în față. În aceste cazuri, pentru ca frunzele de deasupra să nu ia lumina celor de dedesubt, frunzele de la un nod se suprapun cruciș cu cele de la nodul următor. Sînt și plante care au la fiecare nod al tulpinii trei sau mai multe frunze dispuse ca spițele unei roți (frunze în

verticile). De data aceasta, pentru a se evita suprapunerea și umbrirea reciprocă, spițele verticilului de dedesubt se găsesc în dreptul locurilor goale dintre spițele verticilului de deasupra ș.a.m.d. Frunzele multor plante se mișcă după poziția sursei de lumină pentru a capta energie luminoasă în funcție de necesitățile plantei.

La unele plante, o parte din frunze sau chiar toate sînt transformate în spini (de exemplu la dracilă), în cîrcei (la mutătoare), în capcane (de pildă, la planta carnivoră *Nepenthes*) îndeplinind alte roluri. Dimensiunile frunzelor variază în limite destul de largi. Cele mai mari frunze întregi aparțin speciei *Victoria regia* din America de Sud, diametrul lor poate atinge 2 m. Frunzele palmierului brazilian *Raphia taedigera* ajung la 12 m lățime și 20 m lungime, în timp ce la alte plante acestea au doar cîțiva milimetri. Luate izolat, frunzele sînt de dimensiuni reduse, dar prin numărul lor mare realizează suprafețe asimilatorii enorme. De exemplu, suprafața frunzelor de pe un hectar de trifoi totalizează circa 25 ha, iar frunzele unui hectar de cartofi însumează o suprafață de aproximativ 40 ha.

Structura frunzei, privind la microscop o secțiune prin limbul unei frunze oarecare (de la angiosperme) observăm că acesta este format din două epiderme (una superioară și una inferioară) între care se află un țesut asimilator numit *mezofil*, iar în mezofil sînt înglobate fasciculele conducătoare ce alcătuiesc nervurile frunzei. Epiderma este alcătuită, în general, dintr-un singur strat de celule, fără cloroplaste (cu excepția plantelor de apă și a unor plante de umbră). Pereții externi ai acestor celule sînt mai groși, bombați și adeseori acoperiți cu un strat de ceară sau cutină (substanță de natură grasă) ori sînt impregnați cu

săruri minerale, în timp ce pereții laterali sînt subțiri, drepți sau ondulați. La nivelul epidermei se găsesc unele formațiuni speciale cum ar fi *perii* cu rol protector sau secretor, și *stomatele* care permit schimbul de gaze dintre plantă și atmosferă.

Alcătuirea mezofilului variază în funcție de mediul în care trăiește planta și de poziția limbului față de sursa de lumină. De regulă la plantele de lumină mezofilul este împărțit în două zone distincte și anume: o zonă situată sub epiderma superioară, formată din celule lungi, foarte bogate în cloroplaste, fără spații între ele sau cu spații mici, așezate perpendicular pe epiderma superioară, formînd așa numitul *parenchim palisadic*, și o zonă cu celule neregulate ca formă, mai puțin bogate în cloroplaste, ce lasă între ele mari spații pline cu aer, alcătuind *parenchimul lacunos* (fig. 3). De cele mai multe ori celulele parenchimului palisadic

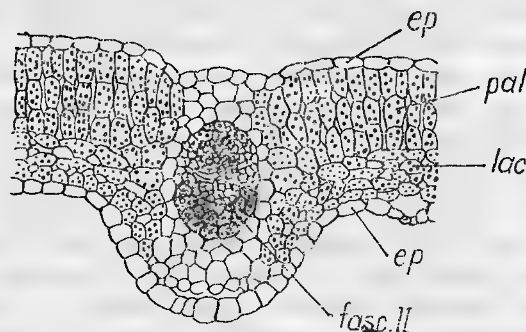


Fig. 3. Structura frunzei de ridiche (*Raphanus sativus*): *ep* — epiderme; *pal* — parenchim palisadic; *lac* — parenchim lacunos; *fasc. ll* — nervura mediană (fascicul libero-lemnos)

sînt așezate pe mai multe straturi. La plantele de umbră mezofilul este format în întregime numai din parenchim lacunos. Cînd există și țesut palisadic atunci acesta prezintă celule scurte dispuse într-un singur strat.

La porumb și la alte graminee frunzele au mezofilul omogen (reprezentat printr-un parenchim lacunos) străbătut de numeroase fascicule conducătoare (nervuri), din care, unele mai mari, altele mai mici. În jurul acestor fascicule se află cîte un strat de celule strîns unite între ele, lipsite de cloroplaste, dar bogate în amidon formînd așa numitul *endoderm fascicular* (fig. 4).

Floarea. În sfîrșit, „uzina vie" are și capacitatea de a se reproduce, asigurînd perpetuarea vieții pe pămînt. Organul specializat în vederea reproducerii este floarea. Părțile principale ale unei flori sînt: codița sau *pedunculul*, cu care floarea se prinde de ramură; vîrful pedunculului pe care se fixează celelalte piese florale se numește *receptacul*; la exteriorul florii, pe receptacul se inseră niște frunzulițe verzi numite sepale a căror totalitate formează *caliciul*; urmează alte frunzulițe, divers colorate, numite petale care alcătuiesc împreună *corola*; caliciul și corola formează învelișul floral sau *periantul*. După învelișul floral, spre interiorul florii, urmează *staminele*. Totalitatea staminelor dintr-o floare formează *androceul* sau partea bărbătească a unei flori. În centrul florii se află *gineceul* (partea femeiască a florii), alcătuit din frunze modificate numite *carpele*. Gineceul are o parte bazală mai umflată numită *ovar* care se continuă cu o parte

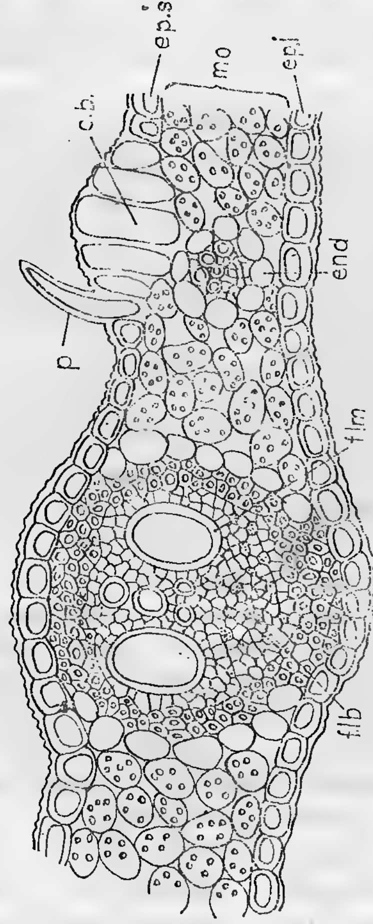


Fig. 4. Structura frunzei de porumb (*Zea mays*):

ep. s — epidermă superioară; *ep. i* — epidermă inferioară; *mo* — mezofil omogen; *end* — endoderma fascicular; *f. lb* — fascicul liberian *f. lm* — fascicul lemnos *c. b* — celule buliforme; *p* — păr

mai îngustă numită *stil*. Capătul stilului are forme diferite şi se numeşte *stigmat*. Pe pereţii interni ai ovarului se prind nişte corpuşoare numite *ovule*. Din ovar se formează *fructul*, iar din ovule apar seminţele care rămîn închise în fruct.

3. MATERIILE PRIME NECESARE FUNCŢIONĂRII UZINEI VII

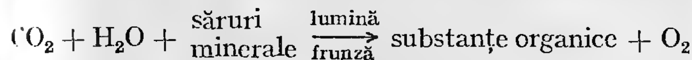
Încă din antichitate, marele învăţat A r i s t o t e l a arătat rolul solului în nutriţia plantelor, emiţînd însă concepţia greşită că plantele iau din sol substanţele organice gata preparate. Ideea lui A r i s t o t e l a dominat timp de mai multe secole. Abia în secolul al XVII-lea, savantul francez B. P a l i s s y a arătat că plantele se hrănesc cu sărurile minerale din sol. În 1620, chimistul şi medicul V a n H e l m o n t a demonstrat rolul apei în nutriţia plantelor.

Ideea că plantele îşi construiesc singure corpul din substanţele chimice pe care le iau din sol, apă şi aer a fost enunţată pentru prima dată de fizicianul francez E. M a r i o t t e, în a doua jumătate a secolului al XVII-lea. În secolul al XVIII-lea chimistul şi naturalistul englez S t. H a l e s demonstrează rolul frunzelor şi al luminii în nutriţia plantelor, iar naturalistul elveţian C h. B o n n e t pune în evidenţă procesul de eliberare de către plante a oxigenului, „aerul vieţii".

În anul 1771, chimistul englez J. P r i e s t l e y argumentează printr-o experienţă simplă faptul că plantele verzi închise ermetic sub un clopot întreţin arderea unei lumînări şi viaţa unui şoricel, purificînd atmosfera de aerul viciat prin respiraţia animalelor şi prin ardere. Deci plantele consumă aerul „stricat" rezultat din respiraţie şi ardere şi elimină aerul necesar vieţii — oxigenul. Pentru această descoperire, J. P r i e s t l e y a primat medalia de aur a Societăţii regale de chimie din Londra. El este considerat descoperitorul fotosintezei.

În 1779, naturalistul olandez J. I n g e n h o u s z dovedeşte că plantele verzi purifică aerul numai în prezenţa luminii, iar în 1783, botanistul elveţian J. S e n e b i e r arată că la lumină plantele verzi realizează un schimb de gaze: iau bioxidul de carbon şi elimină oxigenul (O_2), acumulînd substanţă organică. Chimistul elveţian D e S a u s s u r e demonstrează participarea a p e i în sinteza substanţelor organice.

În 1804 s-a stabilit ecuaţia chimică generală a procesului de formare a substanţei organice.



$$CO_2 + H_2O + \begin{matrix}\text{săruri}\\ \text{minerale}\end{matrix} \xrightarrow[\text{frunză}]{\text{lumină}} \text{substanţe organice} + O_2$$

După descoperirea microscopului şi perfecţionarea tehnicii microscopice, organele plantelor au putut fi studiate sub aspectul structurii şi ultrastructurii. În 1818, botanistul J. P e l l e t i e r şi chimistul J. B. C a v e n t o u dau denumirea pigmentului verde din frunze — *clorofila* („chloros" = verde). În 1845, fizicianul german R. J. M a y e r arată că plantele folosesc lumina solară pentru a-şi sintetiza substanţele proprii, transformînd-o în energie chimică.

În 1862, fiziologul german J. S a c h s descoperă formarea amidonului ca produs al sintezei în clorplaste, iar în 1877, fiziologul german W. P f e f f e r creează termenul de *fotosinteză* — sinteza substanţelor organice cu ajutorul luminii.

Între anii 1860—1880, botanistul rus K. A. Timiriazev demonstrează că fotosinteza este singurul fenomen care fixează energia solară pe planeta Pămînt, numind-o fenomen cosmic. K. A. Timiriazev și W. Engelmann (1882) au arătat că dintre radiațiile spectrului solar, cele mai eficiente pentru fotosinteză sînt radiațiile roșii, care sînt cel mai intens absorbite de clorofilă. În 1884, G. G. Stockes separă pigmenții asimilatori: verzi — clorofila, și galbeni — carotina și xantofila.

APA

Deși cunoscută de omenire din cele mai vechi timpuri importanța apei pentru viață a fost argumentată experimental de către medicul olandez Van Helmont, abia în anul 1620. El a tras însă concluzia greșită că plantele se hrănesc numai cu apă. Astăzi se știe că apa este un component esențial al materiei vii, fiind mediul de dispersie al tuturor componentelor acesteia. De asemenea, apa reprezintă sistemul circulator al plantelor, realizînd transportul diferitelor substanțe, și prin aceasta unitatea întregului organism.

Deși este un participant direct în procesul de sinteză a substanțelor organice oferind sursa de hidrogen H^+, utilizarea apei nu se reduce numai la aceasta; în fotosinteză se folosește abia 1% din întreaga cantitate de apă consumată de către plantă. Apa creează condiții optime pentru desfășurarea tuturor proceselor fiziologice ce concură la sinteza substanțelor organice. Astfel, apa reprezintă mediul în care se desfășoară toate reacțiile chimice în organism și mediul optim de acțiune al enzimelor ce catalizează aceste reacții.

În procesul de creștere, apa asigură realizarea volumului normal al celulelor și organelor plantei. Celulele prezintă funcționalitatea optimă în starea de turgescență, în care conținutul de apă este maxim. În condiții de supraîncălzire, prin transpirație se realizează menținerea normală a temperaturii corpului. Apa controlează deschiderea stomatelor și mărimea spațiilor intercelulare din mezofilul frunzei, ceea ce influențează schimbul de gaze dintre frunze și atmosferă, deci alimentarea celulelor asimilatoare cu CO_2. În lipsa apei are loc o distrugere a structurii citoplasmei și a cloroplastelor.

Sursa de apă pentru plante o reprezintă *solul*. În sol apa se găsește într-o formă accesibilă și într-o formă inaccesibilă. Apa accesibilă este constituită din apa reținută de particulele solului cu forțe mai mici de 1—5 atmosfere. Ea este alcătuită din apa gravitațională, prezentă în spațiile largi dintre particulele solului, apa capilară, prezentă în spațiile mici, capilare, dintre acestea și apa peliculară, așezată în straturi concentrice în jurul particulelor de sol; straturile externe ale apei peliculare sînt absorbite cu ușurință de majoritatea plantelor, în timp ce straturile interne — numai de plantele de sărături.

Organul de absorbție a apei din sol este *rădăcina*. Pentru a-și realiza cu succes funcția de absorbție a apei rădăcina se ramifică. Gradul de ramificare a rădăcinii reprezintă o adaptare la conținutul în apă al solului. Plastic, se spune că rădăcinile „aleargă" în sol după sursa de apă. Astfel, în solurile cu umiditate ridicată, rădăcina atinge numai 10% din corpul plantei, pe cînd în solurile uscate poate ajunge la 90% din

corpul plantei. La plantele ce cresc pe soluri cu umiditate moderată, volumul rădăcinii este aproximativ egal cu cel al părţii aeriene.

Suprafaţa de contact a rădăcinii cu soluţia solului este foarte mult mărită de ramificaţiile fine ce se formează permanent numite *radicele* şi de numărul extrem de mare de *peri absorbanţi*. Astfel, la grîu, planta realizează o suprafaţă totală a rădăcinii de 130 ori mai mare decît a părţii aeriene. La secara de toamnă, naturalistul german Dittmer a numărat 13 835 143 rădăcini, cu o suprafaţă de 225 m² şi o lungime totală de cca 600 km; perii absorbanţi au realizat o suprafaţă de 400 m² şi o lungime de 10 000 km. Datorită acestor caracteristici, rădăcinile pot exploata o suprafaţă mare din sol. Zona piliferă reprezintă regiunea cea mai activă în absorbţia apei. Perii absorbanţi sînt celule vii, modificate, ale rizodermei, puternic alungite; la exterior au un perete subţire celulozo-pectic şi un strat subţire de citoplasmă, iar în interior au o vacuolă mare, cu suc vacuolar concentrat. Presiunea osmotică a sucului vacuolar este de cca 10 atmosfere.

La unele plante în locul perilor absorbanţi se fixează hifele (celulele corpului) unor ciuperci, formînd rădăcini cu micorize. Hifele ciupercii absorb apa şi sărurile minerale din sol şi se hrănesc cu substanţele glucidice din plantă.

Mecanismul de absorbţie a apei prin rădăcini se realizează în mod pasiv şi în mod activ.

Absorbţia pasivă a apei este datorată procesului de transpiraţie, eliminarea apei sub formă de vapori din frunze. Deficitul de apă creat la nivelul frunzelor prin transpiraţie măreşte forţa de sucţiune a celulelor mezofilului. Astfel, acestea absorb apa din vasele de lemn din nervuri, transmiţînd apoi deficitul

iniţial în sens descendent, pînă la perii absorbanţi. Fiind determinată de transpiraţie, absorbţia pasivă nu depinde cu nimic de activitatea rădăcinii. Plantele absorb apa în acest mod în cea mai mare parte a perioadei de vegetaţie.

Absorbţia activă a apei este determinată de activitatea rădăcinii. Rădăcina funcţionează ca o pompă aspiro-respingătoare. Absorbţia activă se face prin fenomenul de osmoză, atunci cînd concentraţia soluţiei solului este mai mică decît concentraţia sucului vacuolar al perilor absorbanţi. Apa este absorbită prin osmoză pînă la endodermul rădăcinii, iar de aici este împinsă în sens ascendent, prin vasele de lemn. Plantele absorb apa în acest mod primăvara, înainte de apariţia frunzelor. Absorbţia activă realizează însă numai 5% din cantitatea de apă absorbită de plante prin rădăcină.

Absorbţia apei prin organele aeriene, plantele pot lua apa şi prin organele aeriene: tulpini, ramuri tinere şi mai ales frunze. Sursa de apă o reprezintă în acest caz umiditatea atmosferică. Prin frunze, apa este absorbită mai intens în condiţii de secetă, cînd plantele sînt ofilite. În acest mod se poate absorbi 5—10% din cantitatea de apă necesară. Plantele tinere şi cele de umbră pot lua prin frunze pînă la 50% din apa necesară. Absorbţia apei prin frunze nu se realizează prin stomate, ci prin celelalte celule epidermice.

Transportul apei, de la rădăcină, apa este transportată în corpul plantei pînă la organele care o folosesc. *Calea de transportat* este reprezentată de *vasele conducătoare lemnoase*. Acestea reprezintă adevărate conducte de transport al apei. Ele sînt celule alungite la care pereţii despărtitori şi citoplasma au dispărut,

devenind elemente moarte. Pentru a asigura rezistența la presiunea apei, pereții laterali s-au impregnat cu o substanță dură numită lignină. La celulele tinere, lignina se depune sub formă de inele pe cînd la cele mature sub formă de spirală, rețea, sau acoperă toată suprafața laterală a vasului, cu excepția unor zone punctiforme. Lignina se îmbibă cu apă împiedicînd apariția unor bule de gaz (CO_2 provenit din respirație) în coloana de apă, ce ar determina întreruperea acesteia și ar împiedica ascensiunea apei. Prin vasele lemnoase apa circulă pe distanță și cu viteză mare.

În afara vaselor lemnoase, apa mai circulă și prin *celulele vii* ale scoarței rădăcinii și ale mezofilului. Circulația în celulele vii se face pe distanță și cu viteză mică.

Forțele principale care determină transportul ascendent al apei sînt: forța de sucțiune și presiunea radiculară.

Forța de sucțiune a frunzelor, numită și forța motrice superioară, realizează transportul pasiv al apei prin aspirația pasivă a curentului de apă datorită transpirației frunzelor.

Presiunea radiculară, numită și forță motrice inferioară, asigură transportul activ al apei prin rădăcină, împingînd curentul de apă din rădăcină în vasele lemnoase ale tulpinii.

Consumul de apă al plantelor, pentru a demonstra rolul apei în sinteza substanțelor organice din plante este necesar să amintim noțiunea de consum specific de apă. Acesta se definește ca fiind cantitatea de apă consumată, exprimată în grame, necesară pentru sinteza unui gram de substanță uscată de plantă.

Briggs și Shantz au arătat valorile consumului de apă la diferite plante agricole:

mei — 311	grîu — 518	trifoi — 797
sorg — 322	orz — 534	lucernă — 831
porumb — 368	ovăz — 597	in — 905
sfeclă de zahăr—397	cartof — 636	

Se constată deci că necesarul de apă depășește de 300—900 ori produsul de sinteză.

Este interesant de arătat că administrarea îngrășămintelor în sol modifică consumul specific de apă. Astfel, azotul mărește masa foliară și intensifică transpirația sporind consumul de apă, pe cînd potasiul, fosforul, borul și clorul reduc transpirația, scăzînd consumul de apă.

BIOXIDUL DE CARBON (CO_2)

Sursa de CO_2 pentru plante o constituie *aerul atmosferic*. Concentrația CO_2 în aer este în general constantă, și anume 0,33 cm^3/l sau 0,03%, la temperatura de 0° și presiunea de 760 mm Hg. Totuși, concentrația CO_2 în atmosferă poate suferi și variații. Astfel se pot înregistra variații diurne, sub forma unor ușoare scăderi în timpul zilei, datorate folosirii CO_2 în fotosinteză și ușoare creșteri în timpul nopții, datorate acumulării CO_2 din respirație. Variațiile anuale constau în ușoare creșteri în timpul primăverii și toamnei și scăderi în timpul verii, ca urmare a folosirii intense a CO_2 în fotosinteză. Concentrația CO_2 scade și cu altitudinea, datorită densității sale mai ridicate. Menținerea constantă a concentrației CO_2 în atmosferă se explică prin echilibrul dintre fenomenele care îl produc și fenomenul care îl consumă-fotosinteza.

Fenomenele producătoare de CO_2 sînt erupțiile vulcanice, mofetele (vulcanii stinși), activitățile industriale care implică arderi de combustibil, dar în cea mai mare măsură — respirația plantelor și animalelor. S-a calculat că numai din respirația oamenilor se produc pe glob peste 500 milioane tone CO_2 anual. Se poate considera că CO_2 din atmosferă este preponderent de origine biogenă.

Cel mai important fenomen consumator de CO_2 îl reprezintă fotosinteza. S-a arătat că plantele terestre consumă anual 19 miliarde tone CO_2, în timp ce plantele de apă (din rîuri, mări, oceane) consumă 155 miliarde tone. Deci pe glob se consumă anual în procesul de fotosinteză 174 miliarde tone de CO_2.

În prezent, datorită despăduririlor masive există tendința de scădere a consumului de CO_2 și de sporire a concentrației sale în atmosferă.

Menținerea constantă a concentrației CO_2 în atmosferă este determinată și de capacitatea sa de a se dizolva în apă formînd carbonați și bicarbonați (CO_3^{--} și HCO_3^-). Aceștia funcționează ca niște soluții tampon realizînd un echilibru dinamic între concentrația CO_2 din atmosferă și apa mărilor și oceanelor. Astfel, scăderea concentrației CO_2 din atmosferă este urmată de eliberarea sa din apă, iar creșterea acesteia este urmată de dizolvarea CO_2 în apă.

Prin cercetări experimentale, s-a constatat că concentrația de CO_2 din atmosferă, și anume 0,03%, este suboptimală pentru realizarea fotosintezei plantelor. Mărind concentrația CO_2 de cca 10 ori — pînă la 0,3% intensitatea fotosintezei crește proporțional. Concentrațiile superioare valorilor de 3—5% sînt însă inhibitoare, iar cele de 10—15% devin chiar toxice. Dintre plantele de cultură, tomatele și floarea-soarelui sînt foarte sensibile, iar vița de vie, din contra, este foarte rezistentă la concentrația crescută de CO_2, realizînd fotosinteza maximă la valori de peste 10% ale concentrației CO_2 din atmosferă.

Ținînd cont de valorile suboptimale ale concentrației CO_2 atmosferic, s-a căutat sporirea sa la plantele de cultură. Aceasta se poate realiza la plantele ierboase prin fenomenul de stimulare a „respirației solului", prin aplicarea de îngrășăminte organice ce stimulează dezvoltarea microorganismelor. Aceste organisme au o respirație foarte intensă ce sporește concentrația CO_2 la suprafața solului. Rezultatele sînt evidente mai ales în primele faze de vegetație, cînd plantele au talie mică și pot beneficia de creșterea concentrației CO_2 la nivelul solului.

În spații închise — sere sau răsadnițe — se pot introduce conducte cu CO_2 sau se poate folosi încălzirea cu gaz metan — ardere ce degajă CO_2. Aceste metode au determinat sporuri însemnate de producție la unele plante de cultură.

Organul de absorbție a CO_2 este *frunza*, prin intermediul stomatelor. Absorbția CO_2 se face mai ales prin epiderma inferioară, unde numărul stomatelor este mai ridicat. La majoritatea plantelor absorbția CO_2 este în relație directă cu gradul de deschidere al stomatelor, fiind influențată, din această cauză, de lumină și de apă.

Mecanismul de absorbție a CO_2 după ce a difuzat prin ostiolele stomatelor, CO_2 pătrunde în camera substomatică, apoi în spațiile intercelulare și ajunge la celulele mezofilului. Difuziunea rapidă a CO_2 este favorizată de grosimea mică a frunzelor. La nivelul spațiilor intercelulare, CO_2 se dizolvă în apa cu care sînt îmbibați pereții celulelor mezofilului și pătrunde

în citoplasmă și cloroplaste în formă dizolvată. Cloroplastele, prin dimensiunile lor mici și numărul foarte mare, realizează o suprafață mare de absorbție a CO_2.

SUBSTANȚELE MINERALE

Plantele se aprovizionează din mediul extern cu substanțe minerale în procesul numit *nutriție minerală*.

Teoria modernă a nutriției minerale a plantelor a fost fondată de J. von Liebig, în 1840: plantele verzi se hrănesc cu substanțe minerale din sol, care sînt absorbite prin rădăcini.

De la acea dată au fost obținute însemnate succese în cercetarea procesului de nutriție minerală a plantelor. Aceasta se realizează prin două metode principale: analitică și sintetică.

Prin *metoda analitică* (metoda analizei chimice sau metoda chimică), se determină elementele minerale necesare plantelor prin analiza chimică a acestora. Această metodă poate stabili prezența și proporția fiecărui element mineral în plante, fără a indica date privind necesitatea și rolul fiziologic al acestuia în viața plantei. Analiza chimică se efectuează în primul rînd în cenușă. Prin această metodă au fost identificate în plante peste 60 elemente minerale.

Analiza chimică se poate efectua și pe material vegetal proaspăt, purtînd numele de *diagnoză foliară*. Analiza spectrală permite identificarea în plante a unor elemente prezente în cantități infime.

Prin aceste metode s-a stabilit proporția în care diferite elemente se găsesc în corpul plantelor. În funcție

de această proporție, elementele minerale au fost împărțite în 3 grupe:

— macroelemente (ce se găsesc în proporția cea mai mare alcătuind în total 99,9% din substanța uscată a plantei verzi), ce cuprind: C, H, O, N, Ca, K, P, S, Mg, Cl, Si, Na.

— microelemente (ce se găsesc în proporții foarte mici în plante), ce cuprind: Fe, Cu, Zn, Co, Mn, B, Mo.

— ultramicroelemente (ce se găsesc în cantități infime): metale rare — Au, Ag, Ru, Cs și elemente radioactive naturale — U, Ra, Th, Pa.

— *Metoda sintetică* (metoda fiziologică) constă în creșterea plantelor în soluții nutritive artificiale ce conțin elementele minerale prezente obișnuit în cenușă. Această metodă permite studierea necesității și rolului fiziologic al fiecărui element. În prepararea soluțiilor nutritive se folosesc macroelemente și microelemente în proporțiile necesare bunei creșteri a plantelor.

Stabilirea necesității și rolului fiziologic al fiecărui element se face prin cultivarea plantelor în soluții incomplete, din care lipsește un anumit element, după care se compară comportarea lor cu cele cultivate în soluții nutritive complete.

O metodă modernă de studiere a nutriției minerale a plantelor, care necesită însă laboratoare cu dotare specială, este *metoda izotopilor* sau *trasorilor radioactivi*. Această metodă se bazează pe proprietatea izotopilor radioactivi (N^{15}, P^{32}, K^{42}, S^{35}, Ca^{45}, Fe^{59}), de a participa în metabolismul plantei, atunci cînd sînt aplicați în doze mici la fel ca și elementele normale neradioactive, dar pot fi identificați și dozați radiometric, pe baza energiei degajate; analiza calitativă se face pe baza proprietății elementelor radioactive

de a impresiona placa fotografică obținîndu-se fotografii numite autoradiografii, iar cea cantitativă se face prin dozări cu aparate speciale numite dozimetre.

Sursa de substanțe minerale se află în sol. La nivelul solului substanțele minerale se pot afla în stare dizolvată în soluția apoasă numită soluția solului sau adsorbite de particolele coloidale ale solului. Sub această formă substanțele minerale prezintă pentru plante o accesibilitate variabilă deoarece sînt supuse levigării.

Cea mai importantă sursă pentru nutriția minerală a plantelor o reprezintă rezerva de substanțe organice a solului, care poate fi utilizată numai pe măsura mineralizării ei de către microorganisme. Astfel, compușii minerali cu azot (nitrați, nitriți sau săruri de amoniu) provin din resturile organice, vegetale și animale, care sînt descompuse sub acțiunea unor microorganisme pînă la compuși minerali. Mai întîi, în procesul de amonificare se obține amoniacul — NH_3. Acesta rămîne parțial în sol ca săruri de amoniu (NH_4^+), iar parțial se oxidează prin procesele de nitrificare, pînă la azot nitros (NO_2^-) și apoi nitric (NO_3^-). Abia sub aceste forme azotul este absorbit de către plante.

Fosforul se află în sol sub formă de combinații organice și anorganice și este absorbit de plante sub forma ionilor $H_2PO_4^-$ și HPO_4^{--}.

Sulful din compuși organici este transformat de către microorganisme mai întîi în hidrogen sulfurat H_2S, apoi este oxidat în sulfați (SO_4^{--}), iar sub această formă este absorbit de către plante.

Potasiul se găsește în sol sub forma unor minerale, din care este eliberat prin hidroliză sub acțiunea unor acizi eliminați de către rădăcini sau prin activitatea unor microorganisme și transformat în forma ionică, liberă (K^+) sub care este absorbit de către plante.

Calciul, magneziul, fierul se găsesc în sol sub formă minerală, de unde sînt solubilizați și absorbiți de către plante sub formă ionică.

Organul de absorbție a elementelor minerale din sol este *rădăcina*. Ca și în cazul apei, absorbția elementelor minerale se face preponderent prin zona perilor absorbanți.

Mecanismul de absorbție a elementelor minerale, absorbția elementelor minerale, deși este favorizată de absorbția apei, nu se face odată cu apa. Dacă absorbția apei este un fenomen fizic, bazat pe diferența de concentrație dintre sucul vacuolar al celulelor absorbante și soluția solului, absorbția elementelor minerale este un fenomen fiziologic, care se realizează independent de concentrație, în funcție de necesitățile plantei. Acest lucru este posibil datorită energiei provenită din respirație.

Absorbția ionilor minerali se realizează în două faze: Prima fază constă în pătrunderea acestora prin peretele celular, pînă la fața externă a plasmalemei celulei absorbante. Această fază se realizează în mod *pasiv*, bazat pe permeabilitatea peretelui celular, prin fenomene fizice ca difuziunea sau datorită diferențelor de concentrație.

A doua fază constă în pătrunderea ionilor în citoplasmă și vacuolă, în mod *activ*, cu ajutorul energiei furnizată de respirație. Aceasta se realizează cu ajutorul unor substanțe numite transportori. Transportorii sînt substanțe organice, ca acidul ribonucleic sau diferite proteine din structura plasmalemei, ce fixează ionii pe fața externă a plasmalemei formînd un complex ion-transportor. Acest complex traversează plasmalema, iar pe partea internă se desface: ionul rămîne în citoplasmă, iar transportorul trece din nou pe fața

externă a plasmalemei. Formarea complexului ion-transportor necesită energia furnizată de ATP. În același mod ionii pătrund și în vacuolă.

Transportul ionilor minerali, în citoplasma celulelor absorbante ale rădăcinii, ionii minerali pot participa la diferite sinteze, iar în vacuole se pot acumula reglînd concentrația sucului vacuolar. Cea mai mare parte sînt însă transportați în sens ascendent sub forma unei soluții apoase ce constituie seva brută, spre organele unde sînt folosite: vîrfurile de creștere, florile, fructele, dar mai ales frunzele — laboratorul plantei. Ionii minerali sînt transportați, odată cu apa, prin *vasele lemnoase*.

Absorbția elementelor minerale prin frunze, elementele minerale pot fi absorbite și prin frunze, sub forma de soluții diluate, la nivelul epidermei. Procesul a fost demonstrat cu ajutorul metodei izotopilor radioactivi și stă la baza aplicării îngrășămintelor pe cale extraradiculară. Procesul este activ, selectiv și ireversibil. Macroelementele pot fi absorbite în soluții de concentrație 2‰, iar microelementele în concentrație de 0,1—0,5‰.

Rolul elementelor minerale în sinteza substanțelor organice, în absența substanțelor minerale, sinteza substanțelor organice nu are loc. Aceasta se explică prin faptul că elementele minerale participă la alcătuirea moleculei de clorofilă (azotul și magneziul), la sinteza aminoacizilor și a substanțelor proteice (azotul și sulful), la fixarea energiei luminoase ca energie chimică sub formă de ATP (fosforul), la catalizarea sintezei clorofilei (potasiul și fierul), intră în componența unor enzime ce catalizează reacțiile de oxido-reducere prin care se realizează transferul de electroni (fierul, cuprul), sau fotoliza apei (manganul și clorul).

LUMINA SOLARĂ

Lumina solară reprezintă sursa de energie pentru biosinteza substanțelor organice — procesul de fotosinteză. *Soarele* emite asupra pămîntului o cantitate enormă de energie, și anume 9×10^{22} Kcal/sec, respectiv 3×10^{30} kcal/an, energia ce s-ar obține din arderea a 11 milioane de miliarde tone de cărbune. Rezerva energiei solare este practic nelimitată, ținînd seamă că energia solară își are originea în reacțiile nucleare ce se petrec permanent în soare. Din această energie Pămîntul primește cam a șasea miliarda parte, respectiv 5×10^{20} kcal/an. Dintre acestea pe uscat ajunge cam 40%, deci 2×10^{20} kcal/an — deoarece în calea radiațiilor s-a format o barieră naturală — atmosfera, care asemenea unui imens filtru, absoarbe o mare cantitate de energie. Diferitele regiuni ale globului primesc cantități diferite de lumină, radiațiile ce cad perpendicular aduc o cantitate mai mare decît cele ce cad oblic.

Radiațiile solare sînt formate din unde electromagnetice cu diferite lungimi de undă. În funcție de lungimea de undă, radiațiile solare pot fi: — radiații vizibile, cu lungimea de undă cuprinsă între 390—700 nm; — radiații ultraviolete — lungimea de undă mai mică de 390 nm; — radiații infraroșii — lungimea de undă mai mare de 700 nm. Dintre acestea, pentru plante, radiațiile vizibile sînt fotosintetic active și reprezintă 40—50% din energia solară primită de sol, iar radiațiile infraroșii și ultraviolete sînt fotosintetic inactive. În mijlocul unei zile senine de vară, energia solară este de 1,2—1,3 cal/cm²/minut, iar intensitatea luminii este de 100 000 lucși.

Mecanismul de absorbție a radiațiilor luminoase, pentru a fi utilizate în reacțiile fotochimice, radiațiile luminoase trebuie absorbite de plante. Dintre radiațiile luminoase ce cad pe plante, în special pe frunze, o parte sînt absorbite, altă parte sînt reflectate, iar o parte străbat organele plantei. Radiațiile absorbite reprezintă 80% din totalul radiațiilor ce cad pe plante. Dintre acestea, numai 1% sînt folosite în fotosinteză. Plantele efectuează mișcări de creștere în direcția razelor de lumină, numite *fototropisme*. Astfel, tulpinile și frunzele manifestă un fototropism pozitiv, o curbare în direcția razelor de lumină. Frunzele iau, în general, o poziție în care razele de lumină să cadă perpendicular pe suprafața lor. Chiar și cloroplastele se deplasează în celule în funcție de cantitatea de lumină. Astfel, la lumină intensă, se dispun de-a lungul pereților verticali unul în spatele celuilalt, în poziția de profil, pe cînd la lumină slabă se dispun pe pereții transversali, cu fața mare spre lumină. Radiațiile luminii vizibile nu sînt uniforme. Ele sînt de culori diferite (ROGVAIV-roșu, oranj (portocaliu), galben, verde, albastru, indigo și violet) și într-un anumit amestec compun lumina albă. Culorile care compun lumina albă pot fi observate la trecerea unui fascicul de lumină printr-o prismă sau cu ajutorul unui aparat optic numit spectroscop. Nu toate culorile din spectrul vizibil sînt absorbite la fel și utilizate în reacțiile fotochimice de către plante. În secolul trecut s-a afirmat că plantele absorb și utilizează cel mai intens radiațiile galbene. C. A. Timiriazev a arătat pentru prima dată că plantele absorb și utilizează cel mai intens radiațiile roșii. Destul de intens sînt absorbite și radiațiile albastre, indigo și violet. Radiațiile verzi, galbene și portocalii nu sînt absorbite de loc. Se constată deci că radiațiile absorbite reprezintă radiațiile de culori complementare pentru verde (radiațiile roșii) și pentru galben-portocaliu (radiațiile albastre, indigo și violet). Culorile verde, galben și portocaliu reprezintă tocmai culorile pigmenților asimilatori conținuți de plantele verzi, clorofile și pigmenți carotenoizi. Rezultă că în decursul evoluției, plantele s-au adaptat la absorbția din spectrul vizibil a unei anumite componente a luminii, a radiațiilor ce conțin cea mai mare cantitate de energie – radiațiile roșii. Absorbția energiei luminoase din spectrul vizibil se face cu viteze foarte mari apropiate de viteza luminii.

Conform teoriei corpuscular-ondulatorii, lumina solară se propagă sub formă de unde electromagnetice, numite fotoni. Fiecare foton posedă o cantitate de energie numită cuantă, cu valoarea: $E = h\nu$ ergi, unde h = constanta lui Planck ($6{,}626 \times 10^{-27}$ ergi/sec sau $1{,}584 \times 10^{-40}$ cal); ν = frecvența c/λ, unde c = = viteza luminii ($2{,}9979 \times 10^{10}$ cm/sec), λ = lungimea de undă (cm).

Conform legii transformării și conservării energiei, energia luminoasă provenită de la soare se transformă în plante în energie chimică potențială, acumulată în materie organică.

4. MECANISME DE FUNCȚIONARE A MIRACULOASEI UZINE VII

Funcționarea „uzinei vii" constă în producerea de substanțe organice și oxigen din substanțe anorganice — bioxid de carbon și apă, în prezența clorofilei și a luminii solare. Substanțele organice fabricate servesc la desfășurarea tuturor proceselor fiziologice din plante (creștere, dezvoltare, înmulțire). Cu ocazia sintezei lor planta înmagazinează energia luminii solare sub formă de energie chimică. Astfel, substanțele organice servesc atît ca materiale de construcție, cît și ca sursă de energie pentru activitatea vitală a plantelor. O parte din substanța și energia acumulată este folosită de plante pentru creșterea organelor vegetative (rădăcină, tulpină, frunză) și pentru formarea florilor, fructelor și semințelor. O altă parte este depusă în diferite organe de rezervă, adevărate depozite sau cămări, și este folosită în anul următor la germinația semințelor, creșterea și dezvoltarea noilor plante, asigurîndu-se astfel perpetuarea speciei. Acest mod de hrană, prin care plantele verzi își procură singure energia și își prepară singure substanțele organice necesare proceselor vitale se numește *autotrof* (auto=singur, trofein=a se hrăni).

Toate celelalte organisme — plantele fără clorofilă și animalele, nu sînt capabile să-și producă singure substanțele organice și energia, ci ele le iau sub formă gata preparată de la plantele verzi. Acest mod de hrană se numește *heterotrof* (hetero=diferit). Organismele heterotrofe folosesc ca hrană atît substanțele fabricate în corpul plantelor în timpul creșterii acestora, cît mai ales pe cele depozitate în organele de rezervă: rădăcini tuberizate, tulpini subterane (bulbi, tuberculi), fructe și semințe. Deci, existența organismelor heterotrofe (inclusiv animalele superioare și omul) se datorește în exclusivitate plantelor, care reprezintă sursa de substanțe și energie necesare activității vitale a acestora. Pe de altă parte, consumul de CO_2 de către plantele verzi și producerea de oxigen purifică atmosfera, favorizînd respirația tuturor organismelor vii, inclusiv a animalelor superioare și a omului.

În sfîrșit, activitatea „uzinei vii" nu constă numai în producerea hranei și energiei necesare proceselor vitale ale plantei, ci și în producerea unor substanțe care să asigure supraviețuirea ei în condițiile atît de variate ale mediului. De exemplu, pentru a rezista vînturilor și puternicilor curenți de aer, plantele și-au format un schelet dur, lemnos, care rezultă din impregnarea celulelor cu o substanță dură, lignina; pentru a se apăra de diferiți dușmani plantele sintetizează substanțe chimice otrăvitoare etc.

De-a lungul timpului, omul a învățat să folosească în interesul său tot ce i-a oferit natura prin intermediul acestui laborator ultraperfecționat care este planta verde. Astfel, pe lîngă sursă de hrană, plantele sînt principala sursă de fibre textile, de material lemnos pentru construcții și combustibil, de medicamente, parfumuri etc.

Producerea substanțelor organice în plantele verzi se realizează prin procesul numit *fotosinteză*. După cum s-a mai arătat în fotosinteză, din bioxid de carbon, apă și săruri minerale, în prezența luminii și a clorofilei se sintetizează substanțe organice și se elimină oxigen.

Fotosinteza reprezintă calea biologică de captare a cuantelor de lumină, prin care plantele verzi transformă energia luminii solare în energie chimică, înmagazinată în substanțele organice sintetizate.

Ecuația generală a fotosintezei, stabilită cu aproape două secole în urmă, prezintă numai produșii inițiali și finali ai reacției, mecanismul de realizare a constituit pînă nu de mult o așa numită „cutie neagră" în care se știe ce intră și ce iese dar nimic despre ceea ce se petrece înăuntru. Cercetările de descifrare a sa au îmbrăcat de-a lungul timpului forma diferitelor ipoteze, fiecare la rîndul ei, mai mult sau mai puțin controversată.

Astfel, încă din 1843, chimistul german L i e b i g a enunțat ipoteza după care în fotosinteză, CO_2 ar fi asimilat treptat, formîndu-se diferiți acizi organici: oxalic, tartric, malic din care se formează în final glucide. Chimistul german v o n B a e y e r, a enunțat în 1870 o ipoteză care, din lipsa altor dovezi experimentale a fost acceptată pînă la jumătatea secolului al XX-lea. Conform acestei ipoteze, CO_2 ar fi redus, în prezența clorofilei și a luminii, pînă la oxid de carbon (CO) și oxigen. Oxidul de carbon, în combinație cu apa ar forma aldehida formică, punînd în libertate oxigenul. Din aldehida formică s-ar forma în plante glucidele. Aceste ipoteze nu au fost sprijinite de date experimentale, fiind întru totul infirmate, ca nefondate, de rezultatele cercetărilor obținute în ultimii zeci de ani.

Deși au trecut peste 200 de ani de la descoperirea fotosintezei, mecanismul realizării ei a fost elucidat cu succes, deși nu în totalitate, abia în ultima jumătate de secol. Aceasta a fost posibil prin perfecționarea tehnicilor de studiu în domeniul fizicii și chimiei, în special prin folosirea atomilor marcați (izotopi radioactivi). Direcțiile de cercetare în prezent se referă la completarea cunoașterii fenomenelor insuficient lămurite, pe de o parte, pe de altă parte la realizarea condițiilor de reproducere în laborator a reacțiilor totale sau cel puțin parțiale ale mecanismului fotosintezei.

Astfel, copierea modelului plantei de a capta energia luminoasă și a o converti în energie chimică, stocată pe un suport material (o substanță chimică concretă) sau realizarea fotolizei (descompunerea cu ajutorul luminii) apei, cu formare de H^+ ce poate genera H_2, care să fie reprodusă la scară industrială, ar reprezenta descoperiri epocale ce ar rezolva actuala criză de energie a planetei. Fără a mai vorbi de reproducerea modului de sinteză a substanței organice din substanțe minerale, sau cel puțin intervenția în realizarea acestui mecanism în natură, în vederea creșterii capacității de producție a plantelor.

La realizarea tuturor acestor deziderate trebuie să colaboreze ultimele descoperiri ale fizicii, chimiei, biologiei moleculare, geneticii și ingineriei genetice, precum și ale ameliorării, în vederea cunoașterii naturii și copierii minunatelor mecanisme de adaptare realizate de ea la condițiile terestre și cosmice în decursul milioanelor de ani.

PIGMENȚII ASIMILATORI

Înainte de a trece la descrierea celor mai moderne teorii care se referă la mecanismul de funcționare a uzinei vii, este necesar să prezentăm, chiar și sumar, elementul fără de care sinteza substanțelor organice nu poate avea loc, și care este, după cum s-a mai arătat — *clorofila*. Clorofila este pigmentul care dă culoarea verde plantelor și care prezintă miraculoasa și unica proprietate de a capta lumina solară.

„Clorofila este adevăratul Prometeu care fură focul din ceruri" (K. A. Timiriazev, 1871).

În plante clorofila se găsește asociată într-un complex de pigmenți asimilatori alcătuiți din pigmenți verzi și pigmenți galbeni.

Pigmenții verzi se mai numesc și pigmenți clorofilieni sau *clorofile*. Cel mai important este clorofila *a*, care se găsește la toate plantele care elimină prin fotosinteză O_2. La plantele superioare și la algele verzi, clorofila *a* este însoțită de clorofila *b*, pe cînd la algele roșii, albastre, brune, clorofila *a* este însoțită de clorofila *c* și *d*.

Clorofila prezintă o structură porfirinică, caracterizată printr-un nucleu porfirinic, compus din 4 cicluri pirolice, formate din 4 atomi de carbon și unul de azot, legate prin punți metinice (—CH=). Aceste legături duble conjugate dau proprietatea clorofilei de a avea electroni labili, ușor de desprins sub acțiunea radiațiilor luminoase, formînd electroni energizanți. În centrul nucleului porfirinic se află un atom de magneziu — Mg^{++}, al cărui rol nu este încă precis cunoscut. Se știe doar că magneziul dă culoarea verde și fluorescența clorofilei (fig. 5).

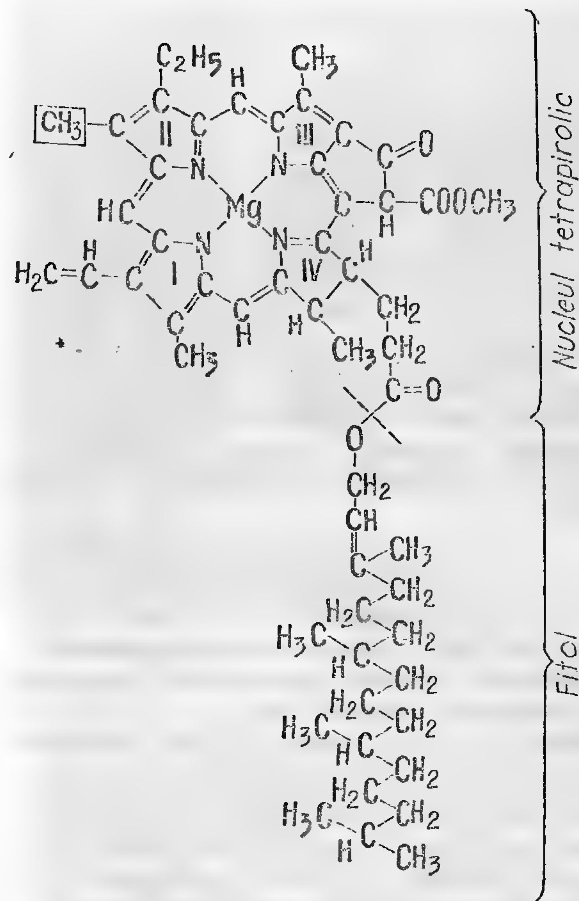


Fig. 5. Structura chimică a moleculei de clorofilă *a*

Prin structura sa porfirinică, clorofila se aseamănă cu alți compuși biologici, cum sînt citocromii — enzime oxido-reducătoare și hemoglobina din sîngele animalelor. Deosebirea constă în faptul că la aceste substanțe, în centrul nucleului porfirinic se află un atom de fier.

Nucleul porfirinic formează mai întîi o substanță cu caracter acid, numită acid clorofilinic. Există acidul clorofilinic *a* și *b*. În molecula clorofilei, acidul clorofilinic se combină (esterifică) cu doi alcooli: metanolul și fitolul (un alcool cu 20 atomi de carbon). Molecula clorofilei prezintă un pol hidrofil (cu afinitate față de apă), reprezentat de nucleul porfirinic (capul) și un pol hidrofob (lipsit de afinitate față de apă) reprezentat de fitol (coada) (fig. 5). Această structură este importantă pentru așezarea moleculelor pe clorofilă în lamelele lipoproteice ale granei cloroplastului.

Clorofila *a* are formula $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$, iar clorofila *b* —$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$.

Proprietățile clorofilei au fost studiate după extragerea pigmenților din plante, prin dizolvare în diferiți solvenți organici. Principalele proprietăți fizice ale clorofilei sînt următoarele:

- *solubilitatea*: clorofila este insolubilă în apă, dar solubilă în solvenți organici ca alcoolul etilic, eterul, cloroformul, acetona, etc.
- *culoarea*: clorofila *a* are o culoare verde-albăstrui, iar clorofila *b* o culoare verde-gălbui;
- *fluorescența*: soluția de clorofilă prezintă o culoare verde privită prin transparență și o culoare roșie-vișinie privită prin reflexie, sub un anumit unghi față de razele incidente; datorită fluorescenței, clorofila transformă radiațiile cu lungime de undă mică în radiații cu lungime de undă mai mare;
- *spectrul de absorbție*: clorofila absoarbe anumite radiații din spectrul vizibil.

Spectrul de absorbție al clorofilei *a* prezintă un maxim în lungimile de undă 680—700 nm, pe cînd spectrul de absorbție al clorofilei *b* prezintă un maxim în lungimea de undă 640 nm. În afară de aceste maxime de absorbție aflate în zona radiațiilor roșii, clorofila mai prezintă încă un maxim de absorbție în zona radiațiilor albastre, indigo și violet, în lungimile de undă 430—453 nm. Deci culoarea verde a plantelor, dată de principalii pigmenți asimilatori, reprezintă o adaptare cîștigată în decursul evoluției multimilenare, de a absorbi radiațiile solare cele mai bogate în energie radiațiile roșii.

Pigmenții galbeni se mai numesc pigmenți carotenoizi. Ei sînt reprezentați de *carotine* și de *xantofile*. În plantele verzi acești pigmenți sînt mascați de către pigmenții verzi.

Carotinele sînt pigmenți de culoare galben-portocalie pînă la roșie. Cele mai răspîndite sînt α și β — carotina. Au formula $C_{40}H_{56}$.

Xantofilele sînt pigmenți de culoare galben-limonie pînă la brună. Cele mai răspîndite sînt zeaxantina, violaxantina, luteina. Au formula $C_{40}H_{56}O_2$.

Ca și clorofila, carotenoizii sînt solubili în solvenți organici și au în molecula lor mai multe legături duble conjugate cu rol în captarea energiei luminoase. Carotenoizii absorb radiațiile albastre, indigo și violet cu lungimea de undă cuprinsă între 370—550 nm. Ei sînt evidenți toamna, după degradarea clorofilei, dînd aspectul atît de pitoresc al „codrului ruginit".

Biosinteza clorofilei se realizează în cloroplaste. La întuneric se formează un precursor al clorofilei numit *protoclorofilă*. Acesta se transformă la lumină în clorofilă *a* prin hidrogenare. Clorofila *b* se formează din clorofila *a*.

MECANISMUL FOTOSINTEZEI

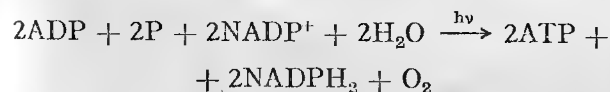
Fotosinteza reprezintă un şir de reacţii ce alcătuiesc un mecanism foarte complicat totuşi, în cele ce urmează vom căuta să redăm unele aspecte mai interesante. O parte dintre aceste reacţii se desfăşoară la lumină iar altă parte la întuneric. Din această cauză fotosinteza cuprinde două faze: faza de lumină şi faza de întuneric. Reacţiile fazei de întuneric au fost elucidate la cercetătorul american M. C a l v i n şi colaboratorii săi (1961). Reacţiile fazei de lumină nu sînt însă pe deplin elucidate; ele au fost clarificate numai parţial, necesitînd încă cercetări în viitor.

Faza de lumină a fotosintezei. Numită şi R. Hill aceasta este faza reacţiilor fotochimice. Ea se realizează în grana cloroplastelor şi cuprinde procesele de captare a energiei luminoase şi transformarea ei în energie chimică, fotoliza (descopunerea cu ajutorul luminii) apei şi fosforilarea fotosintetică; tot la lumină se realizează pătrunderea CO_2 în celulele fotosintetizante ale mezofilului frunzei.

În faza de lumină, energia solară este transformată în energie chimică, planta verde fiind numită „cea mai bună maşină de conversie cuantică". Această energie este folosită în faza de întuneric pentru reducerea unor compuşi oxidaţi *, săraci în energie, ca CO_2, nitraţii (NO_3^-), rezultînd în final substanţe organice.

Faza de lumină constă într-un proces complicat de transport de electroni e^- şi ioni de hidrogen (protoni) H^+, de la apă pînă la o anumită substanţă chimică de natură organică numită nicotin-amid-adenin-dinucleotid fosfat ($NADP^+$), aflat în stare oxidată. Lanţul transportului de electroni cuprinde ca element esenţial molecula de *clorofilă a*, singurul component fotosensibil (sensibil la lumină) şi este declanşat de acţiunea cuantei de lumină hν asupra acesteia. Întregul proces al transportului de electroni şi H^+ este puternic endergonic (înmagazinator de energie). Deşi este foarte complex, il prezentăm totuşi pentru cei care doresc să aprofundeze problema. *Energia se înmagazinează prin trecerea $NADP^+$ (din stare oxidată) în $NADPH_2$ (sau $NADPH^-$ + H^+ în stare redusă) şi prin sinteza acidului adenozintrifosforic (ATP) din acid adenozin difosforic (ADP) şi un radical de fosfat anorganic (P), ATP fiind un compus bogat în energie.*

După D. I. A r n o n (1954—1960), ecuaţia acestei faze este:



$$2ADP + 2P + 2NADP^+ + 2H_2O \xrightarrow{h\nu} 2ATP + 2NADPH_2 + O_2$$

Absorbţia energiei luminoase şi transformarea ei în energie chimică prin declanşarea transportului de electroni energizanţi (bogaţi în energie) şi sinteza ATP-ului, numită fosforilare fotosintetică sau fotofosforilare se realizează cu participarea a două sisteme fotosintetice (*SF*), numite sistem fotosintetic I (SF I) şi sistem fotosintetic II (SF II).

Sistemul fotosintetic (*SF*) este alcătuit dintr-un complex de pigmenţi asimilatori, constituiţi într-un centru de absorbţie şi un centru de reacţie ce formează aşa-numita unitate de fotosinteză.

Centrul de absorbţie este alcătuit din molecule ce funcţionează ca nişte antene. Acestea au rol în captarea energiei luminoase şi transferarea ei la centrul de

* Reacţia de oxidare este o reacţie de captare a oxigenului, de pierdere de electroni e^- sau hidrogen H^+. Reacţia de reducere este o reacţie de pierdere a oxigenului, de captare de electroni sau hidrogen H^+.

reacție. Centrul de absorbție reprezintă circa 99% din pigmenții sistemului fotosintetic. El conține molecule de clorofilă *a*, dar și clorofilă *b* și pigmenți carotenoizi, care au proprietatea de a absorbi din spectrul vizibil radiații cu lungimi de undă mai mici de 680 nm. Astfel, se realizează îmbunătățirea aprovizionării cu energie solară din regiunea spectrală în care clorofila *a* are o absorbție slabă.

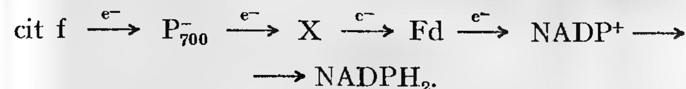
Centrul de reacție este reprezentat de clorofila *a* (cl_a) și anume pentru *SF* I, specia de cl_a cu absorbție maximă în lungimea de undă 700 nm, numită și cl_{a700}, sau P_{700} iar pentru *SF* II, specia de cl_a cu absorbția maximă în lungimea de undă 680 nm, numită și cl_{a680} sau P_{680}.

Sub acțiunea cuantei de lumină, pigmenții centrelor de reacție P_{700} și P_{680} emit electroni energizanți e^- și astfel molecula clorofilei se oxidează primind sarcina + (cl_a^+) pentru un timp foarte scurt. După aceasta, molecula clorofilei se reduce imediat prin primirea unui electron normal e^-. În centrul de reacție, alături de pigmenții P_{700} și P_{680} trebuie să existe un acceptor și un donor primar de electron. Sub acțiunea luminii, cele două sisteme fotosintetice funcționează ca adevărate pompe de electroni emițînd continuu electroni energizanți.

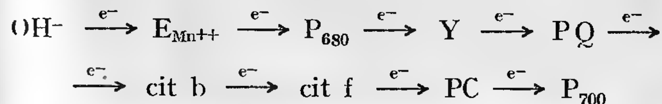
Funcția clorofilei în unitatea fotosintetică este un fenomen cooperativ și anume un mare număr de molecule, de ordinul sutelor, cooperează pentru convertirea energiei unui singur foton într-un electron energizant. Acest fenomen reprezintă o reacție de adaptare a plantelor în vederea utilizării cît mai eficiente a energiei solare și a obținerii unui randament fotosintetic cît mai ridicat.

Funcționarea celor două sisteme fotosintetice, ce declanșează transportul de electroni în reducerea $NADP^+$ și fosforilarea fotosintetică este reprezentată de s c h e m a î n Z, concepută de H i l l și B e n d a l l (1960) (fig. 6).

Conform acestei scheme, în *SF I* sub acțiunea cuantei de lumină hν, P_{700} cedează un electron energizant e^- unui acceptor X cu structură necunoscută, care apoi îl cedează unei substanțe numite ferredoxină (Fd), iar aceasta moleculei de $NADP^+$, care se reduce. Imediat, molecula de P_{700}^+ revine la starea normală prin acceptarea unui electron normal e^- de la o substanță numită citocrom f (cit f). Lanțul transferului de electroni apare astfel:



În *SF II* sub acțiunea cuantei de lumină hν asupra pigmenților accesorii, energia absorbită de aceștia este transferată la P_{680}, care cedează un electron energizant e^- unui compus neidentificat Y. De la Y electronul e^- trece de-a lungul unui lanț de compuși ce cuprinde plastochinona (PQ), citocromul *b* și *f* (cit *b* și *f*), plastocianina (*PC*) și P_{700}. P_{680} își reface deficitul de electroni pe seama oxidării apei. Electronii proveniți din fotoliza apei sînt transportați la P_{680} cu ajutorul unei enzime ce conține mangan (Mn^{++}). Deoarece prin fotoliza apei se degajă O_2, se consideră că SF II participă la degajarea O_2 fotosintetic. Lanțul transportului de electroni apare astfel:



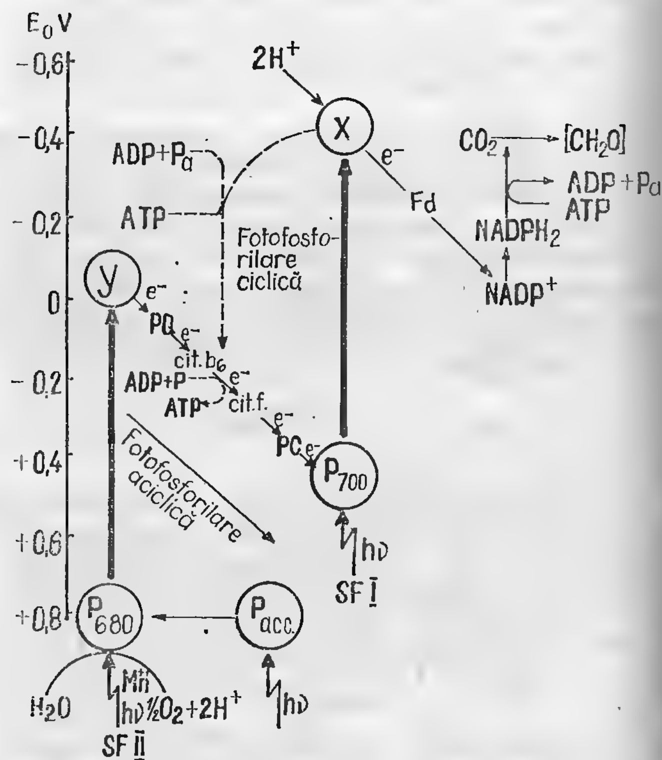


Fig. 6. Reprezentarea schematică a transportului de electroni în fosforilarea ciclică şi aciclică (schema în Z) la organismele care elimină O_2 în fotosinteză (Conceptul lui Hill şi Bendall, 1960) Săgeţile indică direcţia transportului de electroni. Scala verticală arată valorile potenţiale ale intermediarilor la un pH =7,0;

PQ — plastochinona; *PC* — plastocianina; *Fd* — ferredoxina; *cit* — citocromi; *P acc.* — pigmenţi accesorii; *Mn^{++}* — compuşi cu mangan, cu rol de acceptori de electroni ai oxidrilului

Dintre componentele lanţului de transport de electroni, citocromii sînt enzime ce conţin în moleculă fier. Acestea realizează transferul e^- prin reacţia

$$Fe^{++} \underset{}{\overset{e^-}{\rightleftharpoons}} Fe^{+++}$$

Ferredoxina conţine, de asemenea, grupări ferosulfurice ce permit transferul electronilor. În procesul transferului de electroni energizanţi are loc şi fosforilarea fotosintetică sau fotofosforilarea, prin care plantele înmagazinează o parte din energia solară absorbită sub forma moleculei de ATP. Ca şi în cazul moleculei de $NADPH_2$, energia va fi eliberată în reacţiile de reducere a CO_2 şi NO_3^- şi sinteză a glucidelor şi proteinelor.

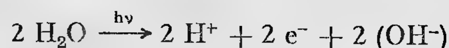
După cum rezultă din Schema în Z, fotofosforilarea poate fi ciclică şi aciclică.

Fotofosforilarea ciclică se realizează cu participarea SF I, ce are ca centru de reacţie P_{700}. Sub acţiunea cuantei de lumină, acesta declanşează un circuit închis de electroni: e^- cedat de P_{700} acceptorului X, poate reveni la molecula de cl_{a700} prin intermediul cit f - - plastocianină. Energia absorbită se acumulează sub forma unei singure molecule de ATP, rezultînd fosforilarea ciclică. Fenomenul se realizează fără participarea apei, fără degajarea O_2 şi fără reducerea $NADP^+$.

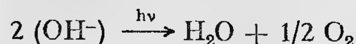
Fosforilarea aciclică se realizează cu participarea SF II şi are ca centru de reacţie P_{680}. Sub acţiunea cuantei de lumină, acesta cedează electronii energizanţi la cl_{a700} din SF I prin intermediul lanţului de transfer de electroni şi primeşte electronii necesari revenirii la nivelul iniţial din fotoliza apei. Energia absorbită se acumulează sub forma a două molecule de ATP rezultînd fotofosforilarea aciclică. Fenomenul se realizează simultan cu degajarea unei molecule de O_2, participînd la reducerea $NADP^+$.

Din schema Z rezultă că transportul electronilor se bazează pe crearea în decursul lanțului de reacții foto-chimice a unei diferențe de potențial electric.

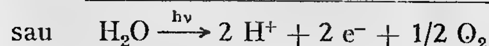
Fotoliza apei și degajarea O_2 reprezintă faza cea mai puțin cunoscută și mai ipotetică din cadrul fotosintezei. Mult timp s-a considerat că O_2 degajat în fotosinteză provine din CO_2. Abia în 1930, van Niel sugerează ideea că O_2 fotosintetic provine din apă, care se descompune sub acțiunea energiei luminoase absorbite de clorofilă printr-o reacție numită fotoliză. Această ipoteză a fost confirmată în anul 1941 prin utilizarea izotopului radioactiv O^{18}. De asemenea prin utilizarea izotopului radioactiv H^3 s-a arătat că H^+ din apă servește la reducerea CO_2. Detaliile chimice ale eliberării O_2 sînt încă ipotetice.



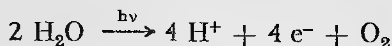
$$2\,H_2O \xrightarrow{h\nu} 2\,H^+ + 2\,e^- + 2\,(OH^-)$$



$$2\,(OH^-) \xrightarrow{h\nu} H_2O + 1/2\,O_2$$



sau $$H_2O \xrightarrow{h\nu} 2\,H^+ + 2\,e^- + 1/2\,O_2$$



$$2\,H_2O \xrightarrow{h\nu} 4\,H^+ + 4\,e^- + O_2$$

Separarea hidrogenului de oxigen din molecula apei și degajarea O_2 este permisă de structura lamelară a cloroplastului.

Producerea unei molecule de O_2 în fotosinteză necesită 8 fotoni, deci 4 fotoni în fiecare unitate de fotosinteză. Pe de altă parte, s-a arătat că la generarea unei molecule de O_2 și fixarea unei molecule de CO_2 cooperează 2.400 de molecule clorofilă *a*. Deci în fiecare unitate de fotosinteză, 1.200 molecule de clorofilă participă la captarea energiei a 4 fotoni ceea ce reprezintă 300 molecule clorofilă/foton. În *SF* II unde are

loc fotoliza apei cele 1.200 de molecule trebuie să coordoneze transportul celor 4 e^- și 4 H^+ la *SF* I pentru reducerea CO_2. Deci 300 de molecule de clorofilă contribuie la transportul unui singur electron în fiecare unitate de fotosinteză. Dintre acestea numai o singură moleculă de cl_a în fiecare *SF* este capabilă de transportul fotosintetic de electroni, celelalte servesc numai la captarea energiei și transferul ei la P_{700}.

Absorbția CO_2 *în cloroplaste*, tot în faza de lumină, aerul încărcat cu CO_2 pătrunde prin ostiolele stomatelor care sînt deschise, trece în spațiile intercelulare și ajunge la pereții celulelor mezofilului. În mediul umed din peretele celular, CO_2 se dizolvă în apă, apoi trece în acid carbonic (H_2CO_3), care disociază astfel: $H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$ sau $H_2CO_3 \rightarrow {}_2H^+ + CO_3^{--}$; ionii HCO_3^- și CO_3^{--} pătrund în citoplasmă pînă la cloroplaste.

* * *

Planeta Pămînt posedă surse energetice ce nu se pot reînnoi: combustibilii acumulați în decursul erelor geologice (cărbuni, petrol, gaze naturale) și energia atomilor cu radioactivitate naturală, și surse ce se pot reînnoi: radiațiile solare, vîntul, mareele, energia apei și produșii fotosintezei.

Combustibilii fosili se consumă cu o viteză mult mai mare decît se produc; folosirea energiei nucleare este costisitoare și prezintă riscul poluării radioactive a mediului; folosirea excesivă a energiei apei provoacă mari modificări ecologice. În contrast cu acestea, folosirea radiațiilor solare este complet nepoluantă și oferă rezerve pentru încă 10 miliarde de ani. Iradierea solară pe întreg Pămîntul este de $1{,}7 \times 10^{14}$ KW ceea ce reprezintă 40 000 KW/persoană. Pe de altă parte, consu-

mul/persoană este de maxim 10 KW, deci există imense rezerve pentru a fi folosite.

S-a realizat cu succes transformarea energiei solare în căldură mai ales în zonele cu climă adecvată; transformarea în electricitate este încă foarte costisitoare. În ultimul timp a fost abordată cercetarea utilizării fotochimice a energiei solare, pornindu-se de la cunoașterea modului cum realizează acest lucru plantele în procesul de fotosinteză. Rezolvarea problemei conversiei fotochimice și stocării energiei solare este de cea mai mare importanță pentru rezolvarea necesarului de energie în viitor.

În realizarea practică a acestei probleme se pornește de la cunoașterea și reproducerea, cel puțin parțială, a reacțiilor fazei de lumină a fotosintezei și anume cele legate de fotoliza apei.

Fotoliza apei „in vitro" (în laborator) a fost realizată prin reacția Hill (1937—1940): o suspensie de cloroplaste izolate din frunze de urzică moartă, expuse la lumină, degajă O_2 în lipsa CO_2, dacă în mediu se găsește un acceptor artificial de electroni. Acceptorul artificial se numește reactiv Hill. Ca reactiv Hill se folosesc diferite substanțe chimice care conțin fier (ferioxalatul sau ferricianura de potasiu), chinonele sau 2,6 diclorfenolindofenolul. Pornind de la realizarea fotolizei apei în prezența luminii și a cloroplastelor izolate s-a reușit eliberarea H_2 (hidrogen molecular), din $2\,H^+ + 2\,e^-$, sub acțiunea enzimei hidrogenaza bacteriană (P. Paul și R. P. Choudbury, 1976). Sistemele de obținere a H_2 prin acest procedeu funcționează un timp scurt deoarece în prezența luminii și a oxigenului cloroplastele izolate se denaturează, iar enzima hidrogenază este inactivată.

Din această cauză, s-a trecut la folosirea unor sisteme artificiale care să le mimeze pe cele naturale din plante, numite *sisteme biomimetice*. Astfel, în loc de cloroplaste se folosesc membrane sau vezicule cu clorofilă și un catalizator cu mangan, pentru degajarea O_2; în locul hidrogenazei se folosește un catalizator de tipul ferredoxinei. Este necesară însă obținerea în laborator a unei forme de clorofilă cu proprietăți identice cu cea naturală, precum și a celorlalți componenți ai unei unități fotosintetice.

Realizarea fotolizei apei în H_2 și O_2 prin *sisteme artificiale nebiologice*, chiar diferite ca structură de cele naturale, reprezintă una din direcțiile actuale de cercetare, de cea mai mare importanță pentru viitor. Pentru aceasta este necesară prezența unui sensibilizator la lumină, numit fotosensibilizator și a unui catalizator. Au fost obținute două tipuri de sisteme, diferite ca structură, și anume: sisteme omogene, sub forma unor soluții apoase, și sisteme heterogene sub forma unor suspensii sau substanțe lichide sau solide, scufundate în apă; acestea sînt cele mai potrivite, deoarece realizează imobilizarea fotosensibilizatorului.

Sistemele omogene pot apare sub forma unor semicelule, iar cele heterogene sub forma unor ansambluri cu molecule mici (polielectroliți sau soluții micelare) sau a unor ansambluri complexe (membrane sau vezicule lipoidice mono- sau bistratificate) realizate după modelul celor din celula vegetală.

Fotodisocierea apei în H_2 și O_2, realizată la scară industrială, va duce la producerea unei rezerve considerabile de combustibil sub formă de H_2, metan sau amoniac, (prin participarea în reacție a CO_2 și N_2). Reacția este avantajoasă deoarece apa este disponibilă, nepoluantă (nu produce CO_2) și reînnoibilă (prin

disociere se reface parțial); H_2 poate fi stocat și transportat. H_2 poate fi utilizat drept combustibil la motoare cu combustie internă, automobile și autobuze precum și la producerea metanolului și amoniacului.

Faza de întuneric a fotosintezei. Este cunoscută și sub denumirea de *F. F. Blackmann*, fiind o fază termochimică sau enzimatică, deoarece reacțiile sale sînt dependente de temperatură și se realizează cu participarea unor enzime. Ea se realizează în spațiile intergranare ale cloroplastelor și cuprinde un ansamblu de reacții care efectuează fixarea CO_2 pe o substanță organică acceptoare din plantă, regenerarea acestui acceptor, reducerea carbonului și sinteza substanțelor organice. Reacțiile din această fază au fost elucidate pe baza cercetărilor efectuate de M. Calvin, A. D. Benson și J. A. Bassham, care în anul 1961 au fost încununate cu acordarea premiului Nobel pentru chimie.

Aceste cercetări au stabilit care este substanța acceptoare de CO_2 și calea de regenerare a acesteia, precum și primul produs al fotosintezei și lanțul de reacții care duc la sinteza acestui produs. Cercetările au fost posibile prin utilizarea izotopului radioactiv C^{14} în $C^{14}O_2$ și identificarea sa în diferite substanțe chimice care au fost determinate prin metoda cromatografiei. Studiile lui Calvin referitoare la fotosinteza plantelor superioare au fost efectuate pe frunze de spanac. S-a descoperit astfel suportul pentru una din reacțiile capitale ale fotosintezei, și anume încorporarea CO_2, compus anorganic, într-o substanță organică proprie plantei. *Acceptorul CO_2 atmosferic a fost identificat ca fiind o substanță glucidică, și anume o pentoză, glucid cu 5 atomi de carbon, numită 1—5 difosforibuloza (ribulozo 1—5 difosfat)*. Această substanță încorporează CO_2, pe de o parte datorită energiei înmagazinată de ea prin fosforilare, pe de altă parte sub acțiunea catalitică a enzimei ribulozo—1,5 difosfat-carboxilază. Această enzimă are o greutate moleculară de 500 000 și reprezintă jumătate din proteinele stromei. După încorporarea unei molecule de CO_2 are loc formarea a 2 molecule de *acid fosfogliceric*, o substanță ce conține 3 atomi de C (C_3). *Cu ajutorul H^+ furnizat de $NADPH^- + H^+$, a H^+ provenit din fotoliza apei și a energiei furnizată de ATP (obținute în faza de lumină) are loc reducerea acidului fosfogliceric la aldehidă fosfoglicerică — primul produs stabil al fotosintezei. Acest produs deține 3 atomi de C, și servește la sinteza tuturor celorlalte substanțe. Acesta este fenomenul cel mai important al fotosintezei ce constă în utilizarea energiei solare la declanșarea reacțiilor de sinteze organice și înmagazinarea ei sub formă de energie chimică potențială.* La încorporarea fiecărei molecule de CO_2 se înmagazinează în molecula organică energia a 3 molecule ATP și 2 molecule $NADPH_2$, deci

$$\frac{ATP}{NADPH_2} = \frac{1,5}{1} \Big/ \text{mol. } CO_2$$

Prin fixarea a 3 molecule CO_2 de către 3 molecule de acceptor, rezultă 6 molecule de acid fosfogliceric. Dintre acestea, 5 sînt utilizate la refacerea acceptorului — ribulozo 1—5 difosfat, iar una este utilizată în sinteza substanțelor organice. Studiile cu C^{14} au permis și stabilirea *produșilor primari ai fotosintezei*. Astfel, după 5 secunde de iluminare în prezența $C^{14}O_2$, C^{14} s-a regăsit în proporție de 87% în acid fosfogliceric, apoi în trioze fosforilate (aldehida glicerică și dihidroxiacetona), glucide cu 3 atomi de C, respectiv C_3, in hexoze (glucoză, fructoză), glucide cu 6 atomi de C, respectiv C_6 și în acizi organici (acid malic și enolpi-

ruvic); după 10 secunde — în aminoacizi (alanină, acid asparagic), iar după 30 secunde în acid citric, zaharoză, aminoacizii serină, glicina, acid glutamic. Acest ciclu de reacții a fost denumit după numele descoperitorului său — **ciclul Calvin.**

Alte tipuri fotosintetice. *Tipul C_4.* În cadrul cercetărilor fotosintezei s-a constatat o intensă capacitate fotosintetică la unele plante de cultură sau spontane, de origine tropicală.

Cercetîndu-se mecanismul fotosintezei la aceste specii, prin metoda izotopilor radioactivi, folosind C^{14}, s-a observat că modul de fixare a CO_2 la aceste plante diferă de modelul descris de Calvin. Primele rezultate în acest sens au fost obținute în 1963 de Tarcevski și Karpilov la porumb, iar în 1965—1966 de Kortschak și colab. și respectiv Hatch și Slack la trestia pentru zahăr. Cercetările demonstrează că la aceste plante, primul produs de încorporare a C^{14} nu este acidul fosfogliceric, ca în ciclul lui Calvin, ci sînt acizii malic și asparagic. Acidul fosfogliceric apare ulterior, ca produs intermediar între aceștia și glucide simple (glucoză, fructoză) și zaharoză. Acceptorul CO_2 în acest caz, nu este ribulozo 1—5 difosfatul, ci un alt produs, acidul fosfoenolpiruvic. Acesta fixează CO_2 din atmosferă și este capabil să îl cedeze ribulozo 1—5 difosfatului, acceptorul de CO_2 din ciclul Calvin, prin decarboxilare. Abia acum CO_2 este introdus în ciclul Calvin, care se desfășoară conform modelului prezentat. Necesitatea energetică în aceste reacții este de 4 molecule ATP și 2 molecule $NADPH_2$ pentru fiecare moleculă de CO_2, față de 3 molecule ATP și 2 molecule $NADPH_2$ pentru fiecare moleculă de CO_2 în ciclul Calvin. Cheltuiala suplimentară de energie este completată de o intensitate a fotosintezei mai ridicată.

Spre deosebire de *ciclul Calvin,* care a fost definit ca ciclul acizilor cu 3 atomi de carbon sau *tipul C_3,* acest model al fotosintezei a fost denumit *ciclul Hatch și Slack* (după numele celor care au descris lanțul de reacții), ciclul acizilor tetracarbonici (acizii malic și asparagic conțin 4 atomi de carbon) sau *tipul C_4.*

Modelul de fotosinteză descris la plantele de porumb și trestia pentru zahăr a fost regăsit la o serie de alte plante. În prezent se cunosc peste 900 specii aparținînd la numeroase familii, ce realizează fotosinteza după tipul C_4. Dintre plantele de cultură, în afara porumbului și trestiei pentru zahăr, la acest grup mai aparțin meiul și sorgul, iar dintre plantele spontane din regiunile noastre — pirul gros *(Cynodon dactylon),* specii de lobodă *(Atriplex)* și știr *(Amaranthus).* Lista de specii este completată cu numeroase *Monocotyledonatae (Gramineae, Liliaceae, Cyperaceae)* și *Dicotyledonatae (Chenopodiaceae, Compositae, Amaranthaceae)* de origine tropicală. În prezent se evidențiază noi specii aparținînd tipului fotosintetic C_4.

Cercetările au arătat că plantele aparținînd tipului fotosintetic C_4 prezintă deosebiri anatomice, citologice, biochimice, fiziologice și ecologice față de cele aparținînd tipului C_3.

Astfel, din punct de vedere *anatomic,* celulele mezofilului sînt de două tipuri, și anume: celule normale de parenchim asimilator tipic și celule modificate, grupate radiar în jurul fasciculelor conducătoare, sub forma unei teci fasciculare sau endoderm fascicular.

Din punct de vedere *citologic,* celulele normale ale mezofilului conțin cloroplaste mari și puțin amidon, pe cînd celulele tecii conțin numai amiloplaste.

Din punct de vedere *biochimic* se constată o activitate enzimatică mult mai intensă. Astfel enzima fosfoenolpiruvat-carboxilaza, ce catalizează fixarea CO_2 pe acidul fosfoenolpiruvic, prezintă o afinitate de fixare a CO_2 mai mare decît o are enzima ribulozodifosfat-carboxilaza la tipul C_3. Ea reprezintă o capcană eficientă de fixare a CO_2, o așa numită pompă biochimică de CO_2 pentru desfășurarea ciclului Calvin.

Din punct de vedere *fiziologic* se constată o diferențiere topografică și anume: fixarea CO_2 atmosferic și formarea acidului malic și asparagic se realizează în celulele normale ale mezofilului, pe cînd desfășurarea ciclului Calvin se realizează în celulele tecii fasciculare.

O parte din produșii fotosintezei sînt consumați de plante în procesul de respirație. Respirația efectuată în timpul zilei, la lumină poartă numele de fotorespirație. La plantele de tip C_3, fotorespirația este de 3—5 ori mai intensă decît respirația la întuneric, și reprezintă 20—50% din fotosinteza reală. La plantele de tip C_4, fotorespirația este aproape nulă, de cca 10 ori mai slabă decît respirația la întuneric, iar fotosinteza reală este mult mai ridicată. Transportul substanțelor asimilate este de 3 ori mai intens, eficiența fotosintezei este de 5—6 ori mai mare, intensitatea creșterii este dublă, iar producția de substanță uscată exprimată în t/ha crește de la $22 \pm 3,3$—$38,6 \pm 16,5$.

Din punct de vedere *ecologic*, plantele ce aparțin tipului C_4 provin din regiuni tropicale și subtropicale, fie calde și umede, fie deșerturi aride. Inițial, această cale a reprezentat o adaptare ecologică la acțiunea mediului extern. În condiții de stres — deficit sau exces de umiditate —, care determină perturbarea deschiderii stomatelor și pătrunderea normală a CO_2 în mezofil, plantele s-au adaptat prin a-și mări capacitatea de fixare și rezerva de CO_2.

Din punct de vedere *practic* descoperirea căii fotosintetice de tip C_4 prezintă o importanță foarte mare, constituind în prezent una din cele mai populare direcții de cercetare în fotosinteză. Astfel, eficiența ridicată a fotosintezei ar putea fi utilizată în practică în vederea obținerii unor forme cu productivitate mare. Pentru aceasta se folosește potențialul genetic al speciilor spontane în vederea obținerii unor hibrizi valoroși în cultură.

Căile de obținere a unor plante cu productivitate ridicată ar fi (Wittwer, 1973):

- selecționarea varietăților cu eficiență fotosintetică ridicată;
- mărirea capacității de absorbție a luminii;
- administrarea unor substanțe care să inhibe fotorespirația;
- modificarea balanței fotosinteză/fotorespirație pe cale genetică, fizică și chimică.

Metabolismul acid la Crassulaceae. O serie de plante suculente, în special din familia *Crassulaceae*, dar și dintre *Cactaceae* și *Liliaceae*, au proprietatea de a absorbi și fixa CO_2 la întuneric. Acceptorul CO_2 este și în acest caz, acidul fosfoenolpiruvic, sub acțiunea enzimei fosfoenolpiruvat-carboxilaza. În urma fixării CO_2 în timpul nopții, în celulele mezofilului se sintetizează acid malic; acesta produce scăderea pH-ului în vacuole de la 6 la 4. La lumină, în timpul zilei, CO_2 este cedat de către acidul malic ribulozo 1—5 difosfatului și utilizat în ciclul Calvin pentru sinteza glucidelor. În vacuole pH-ul revine de la 4 la 6.

Deoarece această cale fotosintetică se desfășoară prin modificarea pH-ului vacuolar datorită creșterii

acidității, a fost denumită „metabolismul acid la Crassulaceae".

Din punct de vedere biochimic, acest tip fotosintetic se aseamănă cu tipul C_4 prin natura acceptorului; se deosebește de acesta prin faptul că reacțiile chimice sînt separate temporar, ziua și noaptea, deși se desfășoară în aceleași celule. La tipul C_4 reacțiile chimice se desfășoară numai în timpul zilei dar la celule diferite. Ca și tipul C_4, tipul metabolismului acid reprezintă o *adaptare* la condițiile ecologice de insolație puternică și umiditate scăzută. În timpul zilei stomatele sînt închise în vederea reducerii transpirației și se deschid numai noaptea; plantele s-au adaptat la fixarea și stocarea CO_2 în aceste condiții.

Se constată deci că modurile de asimilare fotosintetică a carbonului nu sînt identice la toate plantele. Acestea au fost mult mai inventive decît se poate închipui în realizarea unor adaptări la condițiile nefavorabile, cum sînt concentrațiile scăzute de CO_2, stresul de apă și temperatură. Strategiile fiziologice și biochimice pentru colectarea, concentrarea și fixarea CO_2 le egalează pe cele realizate în fixarea și transformarea energiei luminoase. (N. Sălăgeanu și I. Atanasiu, 1981).

ORIGINEA ȘI EVOLUȚIA FOTOSINTEZEI

După cum s-a mai arătat, evoluția vieții pe Pămînt a cunoscut o primă etapă prebiologică care a culminat cu apariția unor formațiuni numite *protobionți*, primele forme de materie vie. Principala însușire a acestor formațiuni era metabolismul — schimbul de substanță și energie cu mediul exterior, în urma căruia rezultă creșterea, dezvoltarea și reproducerea organismului primitiv. Din punct de vedere nutrițional, protobionții

foloseau ca sursă de energie substanțe organice din mediul exterior, pe care le metabolizau în mod anaerob, deoarece atmosfera primară era lipsită de oxigen. Deci primele organisme vii au fost heterotrofe (se hrăneau cu substanțe organice gata preparate din mediul înconjurător). De asemenea, ele respirau anaerob (în lipsa oxigenului), CO_2 eliminat acumulîndu-se în mediu.

După ce glucoza din mediu a fost consumată, organismele heterotrofe au început să reabsoarbă CO_2 și să-l încorporeze în diferite substanțe organice. Aceasta coincide cu *apariția ciclului lui Calvin* și începutul asimilării carbonului pe planeta noastră, ca o necesitate de supraviețuire și o adaptare la noile condiții de stres nutrițional heterotrof și, totodată, o bază pentru evoluția ulterioară a lumii vii spre modul de nutriție autotrof. Primele *organisme autotrofe*, capabile să-și prepare singure substanțele organice din substanțe minerale, cu înmagazinare de energie sînt cele *chimiosintetizante*. Ele își prepară substanțele organice din substanțe minerale folosind energia degajată de diferite reacții chimice. Existența organismelor chimiosintetizante sugerează ideea că ciclul lui Calvin — faza de întuneric, a apărut cu mult înainte de conjugarea sa cu reacția fotochimică. Din grupa acestor organisme s-au desprins *bacteriile fotoreducătoare*, care încorporează în structura lor pigmenți verzi de tipul bacterioclorofilei. Acestea au început să utilizeze energia solară la sinteza ATP. A apărut astfel *fotofosforilarea ciclică*, care realiza includerea CO_2 în substanță organică, fără eliminarea O_2, deci fără a efectua fotoliza apei. Ulterior, au apărut organismele ce conțin clorofilă. Acestea realizau, pe lîngă fotofosforilarea ciclică, și *fotofosforilarea aciclică*, efectuînd *fotoliza*

apei și degajarea O_2. Acesta este tipul fotosintetic al plantelor actuale.

După aprecierea unor specialiști, apariția *organismelor fotosintetizante producătoare de oxigen*, strămoșii plantelor actuale, s-a realizat acum circa 2 miliarde de ani. Natura a realizat astfel prin evoluție și selecție, posibilitatea utilizării ca donator de H^+ și O^- necesari reducerii CO_2, apa — compus răspîndit abundent pe planetă. Acumularea oxigenului în atmosfera primară a deschis calea unui nou mod de respirație, de *tip aerob* (ce folosește oxigenul). A apărut astfel un echilibru între producerea și consumul celor două gaze — CO_2 și O_2, ceea ce a creat condițiile apariției regnului animal, tributar însă organismelor vegetale.

SINTEZA SUBSTANȚELOR ORGANICE COMPLEXE

Produșii primari ai fotosintezei sînt integrați într-o serie de transformări metabolice (asimilație și dezasimilație) *. Reacțiile metabolice se realizează, în funcție de necesitățile fiziologice ale organismului, cu participarea unor biocatalizatori numiți enzime.

Cum realizează planta, pe baza produșilor primari ai fotosintezei, substanțele organice complexe, necesare desfășurării proceselor vitale?

Glucidele. Sînt substanțe ce conțin C, H și O. Ele apar ca produși primari ai fotosintezei sub formă de

* Asimilația și dezasimilația reprezintă cele două laturi ale metabolismului. Prin asimilație plantele își sintetizează substanțele organice proprii, care înmagazinează energie, iar prin dezasimilație plantele degradează aceste substanțe, eliberînd energia necesară proceselor vitale.

glucoză și fructoză, din care se sintetizează imediat galactoză, manoză și zaharoză, iar apoi amidon. Glucidele reprezintă pe de o parte, sub formă de glucoză, principalul substrat energetic al plantei, deoarece în procesul de respirație eliberează energia înmagazinată care este utilizată la realizarea proceselor metabolice de creștere și dezvoltare (înflorire, fructificare etc.). Pe de altă parte, sub formă de celuloză, glucidele reprezintă una din principalele substanțe de constituție, intrînd în alcătuirea peretelui celulei vegetale. În sfîrșit, sub formă de amidon, dar și de glucide solubile (glucoză, fructoză, zaharoză) reprezintă substanțe depozitate în fructe și semințe.

Glucidele simple sau monoglucidele se găsesc în plante sub formă de pentoze și hexoze.

Pentozele apar ca produși primari ai fotosintezei. În formă simplă (de riboză și dezoxiriboză) intră în constituția acizilor nucleici (ADN și ARN) — principalul substrat material al eredității. Ca poliglucide (pentozani), intră în alcătuirea peretelui celular, sub formă de hemiceluloză și substanțe pectice.

Hexozele apar de asemenea ca produși primari ai fotosintezei. Cele mai importante sînt glucoza, fructoza, manoza și galactoza. Ele se găsesc în formă simplă în fructe coapte, dar și policondensate *, servind la sinteza celor mai variate grupe de compuși organici. Astfel, din două molecule de glucoză rezultă maltoza și celobioza, substanțe intermediare în sinteza unor compuși complecși ca amidonul și celuloza. Dintr-o moleculă de glucoză și una de fructoză rezultă zaha-

* Policondensarea este reacția de sinteză a unei substanțe complexe din mai multe molecule de substanțe simple cu eliminarea unor molecule de apă.

roza (zahărul), prezent în cantitate mare în rădăcinile sfeclei și în tulpinile trestiei pentru zahăr. Dintr-o moleculă de glucoză și una de galactoză rezultă lactoza, prezentă în fructe, care sub acțiunea bacteriilor fermentației lactice poate trece în acid lactic — produs conservant.

Prin policondensarea glucozei, din circa 250—3 000 molecule, rezultă amidonul, un compus cu greutate moleculară foarte mare — 40 000—500 000. Sinteza sa are loc mai întîi în frunze, în timpul zilei, la scurt timp după sinteza glucidelor simple, ca amidon primar. În timpul nopții, amidonul este hidrolizat la glucide simple și transportat ca atare la locurile de consum și depozitare: tulpini aeriene, ramuri, tuberculi, rizomi, fructe, semințe, etc. În aceste organe este resintetizat, sub acțiunea enzinei amilosintetaza.

Tot din policondensarea glucozei rezultă celuloza, din circa 3 000 de molecule. Sinteza celulozei se realizează în toate celulele vegetale. Gradul de policondensare al celulozei poate atinge valori foarte ridicate: 10 800 la fibrele de bumbac și 36 000 la fibrele de cînepă.

Prin cuplarea unor pentoze policondensate, sub formă de pentozani cu glucoză, fructoză și galactoză, rezultă hemiceluloza. Sinteza ei se realizează în special în semințe și în tulpinile lemnoase. Tot din diferite glucide simple, mai ales din pentoze, se sintetizează substanțele pectice. Sinteza acestora are loc mai ales în celulele aflate în diviziune, substanțele pectice alcătuind lamela mediană care cimentează celulele între ele.

Proteinele. Sînt substanțe care pe lîngă C, H și O mai conțin și N. Ele reprezintă principalii constituienți ai celulei vii, dar intră și în alcătuirea materialului genetic, ca nucleoproteine și în compușii de rezervă. Proteinele sînt compuși macromoleculari rezultați din

policondensarea unor substanțe mai simple numite aminoacizi. Aminoacizii conțin în moleculă o funcție acidă- COOH și o funcție aminică — NH_2.

Sinteza proteinelor se realizează în două etape: sinteza aminoacizilor și sinteza proteinelor.

Aminoacizii pot rezulta din procesul de fotosinteză ca produși primari. Sinteza lor se realizează prin aminarea (cuplarea cu amoniac NH_3) unor acizi organici rezultați de asemenea din fotosinteză, sau din degradarea glucidelor în respirație, cu ajutorul energiei furnizată de ATP (sintetizat în faza de lumină). Amoniacul provine din sărurile de azot absorbite din sol, fie ca amoniu NH_4^+, fie ca azotați NO_3^- și azotiți NO_2^-, care sînt mai întîi reduși (transformați în NH_3) la nivelul rădăcinii. Sinteza aminoacizilor în frunze se realizează numai în condițiile unei foarte bune aprovizionări cu săruri de azot. În condițiile unei aprovizionări moderate, sinteza aminoacizilor — din acizii organici proveniți din respirație și NH_3, se realizează numai în rădăcini.

Sinteza proteinelor se realizează în special în meristeme și în frunzele tinere, prin cuplarea aminoacizilor. Din cuplarea a 10 pînă la 100 aminoacizi se formează peptide, iar din mai multe peptide se sintetizează proteinele. Mecanismul sintezei proteinelor a fost explicat de G. E. P a l a d e (1972) savant de origine română laureat al premiului Nobel. Structura proteinelor, ordinea de înlănțuire a aminoacizilor în proteine reprezintă un caracter propriu fiecărei specii de plante. După cum, din literele alfabetului pot rezulta o infinitate de cuvinte în numeroase limbi ale globului, tot așa, din combinarea variată a numai 22 aminoacizi, poate rezulta infinitatea de tipuri proteice caracteristice marii diversități de specii ale lumii vegetale.

Ordinea de includere a aminoacizilor în proteine specifice este dictată de ordinea nucleotidelor din macromolecula ADN-ului (codul genetic).

Sinteza proteinelor în celule se realizează la nivelul ribozomilor, sub acțiunea coordonatoare a codului genetic astfel: mai întîi are loc copierea informației genetice de la ADN de către ARN mesager. Apoi are loc activarea aminoacizilor din citoplasmă, transportarea lor la nivelul ribozomilor de către ARN transportor și asamblarea lor în ordinea dictată de informația genetică.

Sinteza proteinelor este catalizată de enzime și se face cu ajutorul energiei furnizate de ATP rezultat în faza de lumină, apreciată la 3,5—4 kcal pentru fiecare legătură peptidică*.

Proteinele din plante pot avea funcții de structură și de rezervă (depozitate în semințe ca grăuncioare de aleuronă).

Prin cuplarea proteinelor cu diferite substanțe neproteice rezultă proteidele cu roluri diferite în viața plantei: lipoproteide, cu rol structural în structura membranelor plasmatice, nucleoproteide — suportul material al eredității, cromoproteide — pigmenții asimilatori, metal-proteide — enzime, glucoproteide — substanțe de rezervă.

Lipidele. Sînt substanțe grase, depozitate mai mult în organismele animale, dar și în unele părți din plante. Din punct de vedere chimic, lipidele provin din combinarea (esterificarea) unor acizi grași cu alcooli. Pot fi simple sau complexe.

---

* Legătura peptidică se realizează între gruparea acidă —COOH a unui aminoacid și gruparea aminică —NH_2 a altui aminoacid, cu eliminarea unei molecule de apă; legătura peptidică are forma (—CO—NH—).

Lipidele simple conțin în moleculă numai C, H, O. Ele pot fi gliceride, steride și ceride.

Gliceridele sînt cele mai răspîndite lipide simple, ce apar în special ca substanțe de rezervă. Ele provin din esterificarea acizilor grași cu glicerina — un alcool cu trei atomi de carbon. În zona temperată în alcătuirea gliceridelor intră acizi grași nesaturați (oleic și linoleic), rezultînd gliceride lichide — uleiuri, pe cînd în zona tropicală în alcătuirea gliceridelor intră acizi grași saturați (palmitic și stearic) rezultînd gliceride solide — unturi. Sinteza gliceridelor se realizează pe seama glucidelor. Astfel, atît glicerina cît și acizii grași saturați provin din glucoză, prin oxidare. Acizii grași nesaturați provin din acizii saturati prin dehidrogenare. Sinteza gliceridelor se realizează în organele de depozitare — semințele plantelor oleaginoase, fiind precedată de un aport însemnat de glucide care formează mai întîi amidon de tranziție. Prin hidroliza amidonului, glucoza este transformată în gliceride cu ajutorul energiei furnizată de ATP și $NADPH_2$, sintetizate în faza de lumină a fotosintezei.

Steridele se formează din esterificarea acizilor grași cu alcooli ciclici numiți steroli: sitosterolul, în uleiul de soia și in și brassicasterolul, în uleiul de rapiță.

Ceridele provin din esterificarea acizilor grași cu alcooli cu număr mare de C și cu catenă liniară. Ceridele intră în alcătuirea cerurilor vegetale, ce constituie stratul protector al organelor aeriene — frunze, tulpini, flori, fructe împotriva transpirației excesive și a unor dăunători.

Lipidele complexe conțin în molecula lor și alte substanțe: glucide, protide, acid fosforic etc. Ele au rol structural (lipoproteidele și glicosulfolipidele), energetic (lecitinele) și în rezistența la ger a plantelor.

Acizii organici. Sînt substanțe ce conțin C, H, O și una sau mai multe grupări carboxilice — COOH. Ei sînt sintetizați în frunze prin oxidarea glucozei. Primul și cel mai important acid organic rezultat prin degradarea oxidativă a glucozei este acidul piruvic, un acid organic cu trei atomi de C. Acesta, pe de o parte, se degradează în ciclul Krebs din respirație, eliberînd energia înmagazinată în timpul fotosintezei, pe de altă parte, constituie punctul de plecare în sinteza lipidelor și a proteinelor; în același timp servește la sinteza altor acizi organici: acid malic, lactic, citric, oxalic, ascorbic, tartric întîlniți în fructe.

Vitaminele. Sînt compuși chimici cu structuri și proprietăți variate. Au fost clasificate în două grupe: *hidrosolubile* (care se dizolvă în apă) și *liposolubile* (care se dizolvă în grăsimi).

Din grupa vitaminelor hidrosolubile fac parte: complexul vitaminelor B—B_1 (tiamina sau aneurina), B_2 (riboflavina), B_3 (acidul pantotenic), B_6 (adermina), B_9 (acidul folic), B_{12} (cobalamina), vitamina C (acidul ascorbic), F, H (biotina), H_1 (acidul paraaminobenzoic), K (antihemoragică), P (citrina), PP (acidul și amida acidului nicotinic).

Din grupa vitaminelor liposolubile fac parte vitaminele A, D și E.

Vitaminele hidrosolubile și vitamina E sînt sintetizate numai de către plante. Vitaminele A și D sînt sintetizate de organismele animale, pe baza unor compuși fabricați de plante ca provitamine. Astfel, provitamina A este reprezentată de carotenoizi, iar provitamina D — de steroli. Biosinteza vitaminelor este deosebit de intensă la unele microorganisme, mai ales de tipul drojdiilor. La plantele verzi, biosinteza vitaminelor se realizează în frunze pe baza produșilor primari

fotosintezei, după care sînt depozitate în diferite organe.

Vitaminele se găsesc în cantități mari în drojdii (B_1, B_3, B_6, B_9, B_{12}, H), în boabele de grîu sau porumb, în special în embrioni (B_1, B_2, PP, E), în rădăcini tuberizate de morcov și țelină (provitamina A, H_1), în inflorescența de conopidă (B_2), în frunze de varză (H_1), de spanac (K, PP), urzici, măceșe, cătină albă (C), zmeură, piersici (H_1), uleiuri de floarea-soarelui, soia, (F). Acestea reprezintă cîteva din organele vegetale în care vitaminele se găsesc în cantități maxime. În diferite proporții, în funcție de specie, fază de vegetație etc. vitaminele se găsesc în toate plantele.

Rolul vitaminelor în viața plantelor este esențial. Carotenoizii reprezintă pigmenții accesorii din fotosinteză, iar vitamina PP intră în structura $NADPH_2$; vitaminele B_1 și B_2 participă în structura enzimelor ce realizează transferul de e^- și H^+ în respirație prin care se eliberează energie acumulată în fotosinteză; vitaminele B_3, B_6, B_9 și H participă în structura unor enzime ce catalizează sinteza proteinelor; vitamina B_{12} ia parte la fixarea azotului atmosferic de către leguminoase, iar vitamina C participă la procesele de diviziune și creștere celulară și mărește rezistența la ger.

Plantele sintetizează și diferite grupe de substanțe cu rol secundar. Acestea sînt:

Alcaloizii. Sînt compuși ce conțin C, H, O, N, și provin din transformarea unor aminoacizi. De exemplu: nicotina (din tutun) provine din acidul asparagic, atropina, hiosciamina și scopolamina (din mătrăgună, măselariță și ciumăfaie) — din ornitină, iar morfina (din mac) din tirozină. Sinteza alcaloizilor are loc în frunze, iar depozitarea lor are loc în frunze, rădăcini, tulpini, fructe sau semințe. Prezența alcaloizilor pre-

domină la familiile ranunculacee, solanacee, papaveracee și liliacee. Uneori acaloizii se acumulează în latexul (suc lăptos) conținut de vasele laticifere, de exemplu la mac, rostopască sau laptele cîinelui. Alcaloizii constituie unele dintre cele mai puternice otrăvuri vegetale, dar în același timp constituie droguri pentru obținerea unora dintre cele mai valoroase medicamente: papaverina, morfina, codeina, atropina, ergotoxina, stricnina etc.

Glicozizii. Sînt compuși ai unor hexoze cu o grupare neglucidică numită *aglicon*. După natura grupării aglicone pot fi de mai multe tipuri:

- Glicozizi cianogenetici ce conțin ca aglicon acidul cianhidric. Ei sînt unele dintre cele mai puternice otrăvuri vegetale, deoarece prin hidroliză eliberează acidul cianhidric, ce provoacă moartea. Se pot găsi în frunze (durina la sorg), sau în semințe (amigdalina la sîmburii de migdal și linamarina în semințele de in).
- Tioglicozizii au ca aglicon compuși cu sulf. Ei sînt substanțe iritante, conținute de semințele de muștar și rapiță (sinalbina și sinigrina).
- Glicoalcaloizii conțin ca aglicon alcaloizi. Sînt substanțe toxice — de exemplu solanina din plantele de cartof, tomate, etc.
- Glicozizii flavonici au ca aglicon substanțe colorate numite flavone. Ele dau culoarea albă și galbenă unor flori, de exemplu robinina la salcîm sau tagetina la vîzdoage.
- Glicozizii antocianici conțin ca aglicon o substanță colorată numită antocianidina. Ele dau culoarea roșie și albastră unor flori, de exemplu delfinina la nemțișori și pelargonidina la mușcată.

Taninurile. Sînt compuși cu gust astringent, provenit din glucide și acizi aromatici. Sînt depuși în scoarța copacilor, de exemplu stejar și fag, în fructe sau în frunze. Au rol în respirația plantelor.

Rășinile. Sînt amestecuri de diferite substanțe organice (hidrocarburi, acizi, alcooli, ceruri etc.) ce se acumulează în canalele rezinifere ale coniferelor.

Uleiurile eterice. Se sintetizează de obicei în frunze, avînd un miros plăcut. Sînt întîlnite în special la familiile labiate și umbelifere.

Semnificația biologică a sintezei și acumulării substanțelor cu rol secundar este reprezentată de mecanismul de adaptare al plantelor la condițiile nefavorabile de mediu. Astfel, dacă unele dintre ele îndeplinesc și diferite roluri metabolice, principala funcție a acestor substanțe este de a oferi protecție împotriva agenților dăunători, abiotici sau biotici. Astfel, pigmenții flavonici și antocianici absorb radiațiile ultraviolete, albastre, indigo și violet contribuind la încălzirea corpului la temperaturi scăzute; uleiurile eterice determină reducerea intensității transpirației la temperaturi ridicate, iar alcaloizii, glicozizii otrăvitori, rășinile și taninurile asigură protecție împotriva agenților biologici dăunători, ca: microorganismele, virușii sau animalele erbivore.

5. PRODUSE FABRICATE DE CĂTRE PLANTE

Ca rezultat al activității „uzinei biologice", planta sintetizează o gamă variată de produși, care se acumulează uneori în cantități mari în țesuturi și organe. După însușirile și posibilitățile de utilizare de către om a acestor produse, plantele verzi se grupează în următoarele categorii: plante alimentare, plante oleaginoase, plante producătoare de fibre textile, plante producătoare de lemn, celuloză, rășini, plante aromatice și condimentare, plante medicinale și toxice, plante tinctoriale, plante melifere și plante ornamentale.

Plante alimentare. Plantele alimentare sînt folosite în alimentație fie în stare proaspătă (fructe, legume), fie sub formă de preparate culinare, de panificație, de conserve alimentare etc. Dintre acestea, cerealele (grîul, porumbul, orezul, secara, orzul, ovăzul, meiul, sorgul) constituie pentru omenire cea mai importantă grupă de plante, oferind hrana de bază a animalelor și oamenilor, fiind în același timp și o importantă materie primă pentru industrie.

Grîul. Este planta ce se cultivă în lume pe cele mai mari suprafețe, în peste 45 de țări, obținîndu-se o producție mondială de 512 115 000 tone *, hrănind 35–40% din populația globului. Grîul a fost folosit în alimentația omului cu 9 000 ani î.e.n., mai întîi utilizîndu-se formele ancestrale spontane iar la începutul mileniului al șaptelea î.e.n. trecîndu-se la cultura acestei plante. În țara noastră grîul se cultivă încă din neoliticul superior (3 000—1 000 î.e.n.).

Sporirea necontenită a suprafețelor cultivate cu grîu în decursul istoriei, se explică prin faptul că nici un aliment nu satisface atît de economic cerințele omului în principii nutritive ca pîinea de grîu. Grîul conține 65—70% amidon, 7—12% proteine, reprezentate prin prolamine, glutenine, globuline și albumine, precum și unele zaharuri fermentescibile. Făina integrală de grîu este bogată în vitamina B_1(0,5—0,8 mg%), vitamina B_2 (0,2—0,4 mg%), vitamina B_6 (3—6 mg%), vitamina PP (2—5 mg%), vitamina K, vitamina H (N. Ceapoiu și colab., 1984). Boabele de grîu conțin proteine de valoare biologică foarte mare, avînd în componența lor toți aminoacizii esențiali ** (arginina, histidină, lizină, leucină, izoleucină, metionină, fenilalanină, triptofan, treonină, valină). Embrionul de grîu conține glucide (2—4 mg%), și vitamina E (4—7 mg%). În procesul germinării în bobul de grîu au loc transformări importante, ducînd la creșterea cantitativă a unor elemente. Astfel, bobul de grîu conține 423 mg% fosfor, 133 mg% magneziu, 47 mg% calciu, în timp ce în bobul germinat proporția acestor ele-

* Toate datele referitoare la producții și suprafețe din acest capitol se referă la anul 1985 și sînt înscrise în Anuarul Statistic al R.S.R., 1986.

** Aminoacizii esențiali sînt substanțe absolut indispensabile organismului dar pe care acesta nu le poate sintetiza, deci trebuie furnizate prin alimente.

mente ajunge la 1 050 mg% fosfor, 342 mg% magneziu, 71 mg% calciu (J. V a l n e t, 1986).

În afară de pîine și de produse de panificație, grîul mai poate servi la fabricarea amidonului, alcoolului, dextrinei și glucozei. Tărîțele de grîu conțin cantități mari de glucide (40—50%) și proteină brută (14—15%), folosindu-se ca nutreț concentrat pentru hrana animalelor de reproducție, a vacilor de lapte și a tineretului animal.

Porumbul. Reprezintă cereala care ocupă locul al doilea în ceea ce privește producția mondială (489 992 000 tone). Deși în țara noastră porumbul a fost introdus relativ tîrziu (în jurul anilor 1623—1628 în Muntenia, 1631—1648 în Transilvania, 1673—1678 în Moldova) această plantă a avut și are un rol de primă importanță atît în alimentația omului cît și a animalelor.

În țara noastră porumbul este principala plantă de cultură atît în ceea ce privește suprafața cultivată: 3 090 100 ha, cît și producția de boabe: 15 238 300 tone. De fapt în secolul nostru producția de porumb a înregistrat un salt spectaculos pe plan mondial (practic un sfert din producția mondială de cereale este asigurată de către această plantă), lucru ce se explică atît prin importanța acestei specii, cît și prin rezultatele senzaționale obținute în ameliorarea și îmbunătățirea tehnologiei de cultivare.

Porumbul are o gamă largă de utilizări în alimentația omului, deoarece din făina obținută se pot prepara numeroase produse alimentare cu valoare nutritivă ridicată. Boabele de porumb au o compoziție chimică variată ce diferă în funcție de faza de coacere. În faza de coacere deplină boabele de porumb conțin 11,6% substanțe proteice, 71,7% amidon, 31% zaharuri,

1,7% celuloză, 1,8% cenușă, 5,2% grăsimi (T. M u r e ș a n și colab., 1975). Embrionul bobului de porumb conține proteine de calitate excepțională, bogate în aminoacizi esențiali necesari alimentației omului. De asemenea mai prezintă un conținut ridicat de lipide din care se extrage ulei alimentar dietetic superior (cca 600 000 tone anual, ceeace reprezintă 2% din producția mondială de ulei).

Porumbul constituie și o materie primă însemnată pentru industria alcoolului, amidonului, glucozei și dextrinei. Din 100 kg boabe de porumb se pot obține următoarele produse: 77 kg făină sau 63 kg amidon, sau 71 kg glucoză sau 44 litri alcool, iar din embrion rezultă în plus 1,8—2,7 l ulei și 3,6 kg turte (G. B î l t e a n u, V. B î r n a u r e, 1979). Porumbul este și un excelent nutreț concentrat pentru unele specii de animale, sub formă de boabe, masă verde sau însilozat.

Orezul. Constituie alimentul de bază a peste 1 miliard de oameni de pe glob, deoarece prezintă marele avantaj de a fi comod și rapid folosit în alimentație, dar și datorită valorii alimentare foarte ridicate. În țara noastră cultura orezului a început în anul 1786, planta fiind introdusă de o familie de italieni stabiliți în Banat. Suprafețele cultivate au crescut apoi din ce în ce mai mult, ajungîndu-se ca România să ocupe la un moment dat locul 5 în Europa la cultura acestei plante (I. B a d e a și colab., 1975).

Bobul de orez este bogat în amidon, vitaminele B, C, săruri de magneziu și calciu, fiind mai sărac în proteine și grăsimi. În alimentația oamenilor se folosește bobul de orez decorticat care conține 7,7% proteine, 5,2% substanțe neazotate, 0,4% grăsimi, 2,2% celuloză. Prin decorticare se elimină din bobul de orez 3/4 din grăsimi, mai mult de jumătate din sărurile

minerale și aproape complet vitaminele. Bobul de orz are și alte întrebuințări: obținerea de amidon, făină, fabricarea berii, prepararea conservelor precum și în industria medicamentelor.

Cartoful. Este socotit pentru multe țări din lume ca a doua pîine (N. Berindei, 1984). Deși s-a impus cu dificultate în agricultura mondială, astăzi planta se cultivă pe toate continentele. Originea cartofului este în America de Sud. În Europa a fost introdus mai întîi în Irlanda (1565) apoi în Anglia și Spania. Dar abia la începutul secolului al XVIII-lea are loc adevărata răspîndire pe acest continent. În țara noastră cartoful a fost introdus la sfîrșitul sec. al XVIII-lea și începutul sec. al XIX-lea, mai întîi în Transilvania, apoi în Moldova și Muntenia, prin intermediul străinilor care ne vizitau țara sau care se stabileau la noi.

Cartoful este un aliment cu un coeficient mare de digestibilitate și o valoare energetică ridicată. Tuberculul de cartof este foarte bogat în apă (66,1 pînă la 88,0%), iar din substanța uscată proporția cea mai mare o reprezintă amidonul (72,5—79,15%), urmat de proteine (6,6—14,5%) și săruri minerale (3,15—5,60%). Cartoful este foarte bogat în vitamina C (10—35 mg/100 g substanță proaspătă), PP, B_1, (0,1 mg/100 g substanță uscată), B_2, B_6 (0,2—0,3 mg/100 g substanță uscată), H. Prin prelucrarea industrială a cartofului se obține amidon, alcool, dextrină și glucoză. De asemenea nu trebuie uitată utilizarea cartofului în hrana animalelor mai ales a porcinelor și bovinelor.

Plantele legumicole. Cunoscute în limbajul curent sub numele de „legume", constituie o categorie importantă de plante alimentare, deoarece din ele se prepară o mare varietate de mîncăruri sau se folosesc suplimentar în alimentație în stare proaspătă. Datorită

gustului și aromelor plăcute, pot fi considerate și ca plante aromatice și condimentare.

Cultura legumelor a constituit una din primele activități practice ale omului, consumul lor explicîndu-se și prin efectul favorabil asupra organismului. Astfel, legumele proaspete ajută la hidratarea organismului datorită conținutului ridicat în apă, stimulează activitatea sistemului muscular, prin aportul de glucide simple, asigură aprovizionarea organismului cu aminoacizi, stimulează pofta de mîncare, sporesc activitatea enzimelor prin aportul de elemente minerale, blochează activitatea bacteriilor de fermentație, măresc capacitatea de apărare a organismului, reglează metabolismul etc. (I. Ceaușescu și colab., 1984). Toate aceste acțiuni se datoresc conținutului ridicat în substanțe chimice pe care le conțin plantele legumicole (tabelul 1). Se constată că unele legume conțin cantități mari de substanțe proteice (lintea, fasolea, etc.), sau glucide (ceapa, dovlecelul, morcovul, varza, sfecla, etc.). Proteinele din bobul de fasole conțin aminoacizi importanți: arginina (8,54%), lizina (4,3%), tirozina (3,32%), triptofanul (1,39%), histidina (3,0%), cistina (1,23%), metionina (1,80%) (Gh. Bîlteanu, V. Bîrnaure, 1979). Legumele conțin foarte multe vitamine necesare organismului uman: vitamina A (morcovul, varza, spanacul, pătrunjelul, salata), complexul de vitamine B (fasolea, prazul, mazărea, spanacul, varza), vitamina C (varza, pătrunjelul, spanacul, ardeiul gras verde), precum și o serie de elemente minerale ca: potasiu, natriu, calciu, magneziu, fier.

După J. Valnet (1986), spanacul conține săruri minerale în cantitate mare: în 100 g de plantă se găsesc 510 mg de sodiu, 375 mg de potasiu, 49 mg de calciu, 37 mg fosfor, 37 mg magneziu, 29 mg de sulf,

Valoarea alimentară a principalelor legume [illegible] late medii (după I. Ceaușescu și colab., 1984)

Specificare	Valoare energetică la 100 g consumabile kcal	Apă %	Substanțe organice g la 100 g substanță proaspătă			Substanțe minerale mg la 100 g substanță proaspătă					Vitamine				
			Substanțe proteice	Substanțe grase	Glucide	Calciu	Fosfor	Fier	Sodiu	Potasiu	A/I.U.	B_1 mg	B_2 mg	Niacin mg	C mg
Ardei gras, verde	22	93	1,2	0,2	4,8	9	22	0,7	13	213	420	0,08	0,08	0,5	125
Bame	36	89	2,4	0,3	7,6	92	51	0,6	3	249	520	0,17	0,21	1,0	31
Castraveți de cîmp	15	95	0,9	0,1	3,4	25	27	1,1	6	160	250	0,03	0,04	0,2	.
Castraveți de seră	13	.	0,6	0,1	2,6	11	9	0,4	.	.	.	.	.	.	.
Ceapă, uscată	38	89	1,5	0,1	8,7	27	39	0,5	10	157	40	0,03	0,04	0,2	10
Ceapă, verde	36	89	1,5	0,2	8,2	51	36	1,0	5	231	2 000	0,05	0,05	0,4	32
Conopidă	27	91	2,7	0,2	5,2	25	56	1,1	13	295	60	0,11	0,10	0,7	78
Dovlecel	26	92	1,0	0,1	6,5	21	44	0,8	1	340	1 600	0,05	0,11	0,6	9
Fasole galbenă, păstăi	27	91	1,7	0,2	60	56	43	0,8	7	243	250	0,08	0,11	0,5	20
Fasole verde, păstăi	32	90	1,9	0,2	7,1	56	44	0,8	7	132	600	0,08	0,11	0,5	19
Fasole uscată	340	11	22,3	1,6	6,3	144	425	7,8	19	1 196	.	0,65	0,22	2,4	.
Gulie	29	90	2,0	0,1	6,6	41	51	0,5	8	372	20	0,06	0,04	0,3	66
Hrean	40	.	2,0	.	8,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Linte uscată	354	.	24,0	.	56,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lobodă	.	90	3,4	0,3	3,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Mazăre boabe, verzi	84	78	6,3	0,4	14,4	26	116	1,9	2	316	640	0,28	0,12	.	21
Mazăre uscată	340	12	24,1	1,3	60,3	64	340	5,1	35	1 005	120	0,74	0,29	3,0	.
Mărar	.	.	3,5	0,9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Morcov	42	88	1,1	0,2	9,7	37	36	0,7	47	341	11 000	.	..	.	.
Pătlăgele vinete	25	92	1,2	0,2	9,6	12	26	0,7	2	214	10	0,05	0,05	0,6	5
Pătrunjel, frunze	44	85	3,6	0,2	8,5	203	66	6,2	45	727	8 500	0,12	0,26	1,2	172
Pătrunjel, rădăcină	47	.	2,1	0,2	2,8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pepene verde	26	93	0,5	0,2	6,4	7	10	0,5	1	100	590	0,03	0,03	0,2	7
Praz	52	85	2,2	0,3	11,2	52	50	1,1	5	347	40	0,11	0,06	0,5	17
Ridichi de iarnă	44	95	1,0	0,1	3,6	30	31	1,0	18	322	.	.	.	.	.
Ridichi de lună	18	.	.	.	.	32	44	0,5	71	.	.	0,05	0,04	.	20
Salată căpățînă, creață	13	96	0,9	0,1	2,9	20	22	0,5	9	175	330	0,06	0,06	0,3	6
Salată, marulă	18	94	1,3	0,3	3,5	68	25	1,4	9	264	1 900	0,05	0,08	0,4	18
Sfeclă, rădăcină	43	87	1,6	0,1	9,9	16	33	0,7	60	335	20	0,03	0,05	0,4	10
Spanac	26	91	3,2	0,3	4,3	93	51	3,1	71	470	8 100	0,10	0,20	0,6	51
Sparanghel	15	95	1,6	0,2	2,0	20	60	1,0	.	.	.	0,03	0,17	1,2	30
Ștevie	.	92	.	0,5	1,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Tomate, coapte	22	94	1,1	0,2	4,7	13	27	0,5	3	244	900	0,06	0,04	0,7	23
Tomate, verzi	24	93	1,2	0,2	5,1	13	27	10,5	3	244	270	0,06	0,04	0,5	20
Țelină, rădăcină	45	87	1,7	0,3	9,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Usturoi	95	.	4,4	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10
Varză de căpățînă, albă	24	92	1,3	0,2	5,4	49	29	0,4	20	233	130	0,05	0,05	0,3	47
Varză de căpățînă, roșie	31	90	2,0	0,2	6,9	42	35	0,8	26	268	40	0,04	0,06	0,4	61
Varză de Bruxelles	45	85	4,9	0,4	8,3	36	80	1,5	14	390	550	0,10	0,16	0,9	102
Varză de frunze	53	83	6,0	0,8	9,0	249	93	2,7	75	378	10 000	0,16	0,26	2,1	186

0,60 mg de mangan, 0,45 mg de zinc și 0,13 mg de cupru. În schimb conținutul de fier este mijlociu — 2,5 mg.

Nu putem trece cu vederea o legumă numită uneori „plantă miraculoasă". Este vorba de soia. Foarte bogată în protide (cca 40% față de 15—20% în carne), lipide (12—15% față de 1—4% în carne), glucide (10—15%), săruri minerale, vitamine etc. (J. V a l n e t, 1986), soia constituie un aliment complet, cu valoare energetică mare. Ea conține aminoacizii esențiali în proporție aproape ideală. În 100 grame soia se găsesc 2,5 g izoleucină, 3,5 g leucină, 2,9 g lizină, 0,6 g metionină, 2,3 g fenilalanină, 1,8 g treonină, 0,6 g triptofan, 2,4 g valină, 5,6 g acid asparagic, 8,5 g acid glutamic, 1,9 g alanină, 3,3 g arginină, 0,8 g cistină, 1,1 g histidină, 3,1 g prolină, 3,0 g serină, 1,4 g tirozina (J. V a l n e t, 1986).

Plante din care se extrage zahărul. Uzina vie sintetizează în unele plante cantități mari de glucide. Ceea ce consumă oamenii sub numele de zahăr — produs alimentar cu valoare energetică ridicată (4 000 cal/kg) este un zahăr rafinat care conține 99,95% zaharoză. Principalele plante care conțin cantități mari de zahăr sînt *trestia și sfecla pentru zahăr.*

Producția mondială de zahăr (98 000 000 tone) este asigurată de trestia pentru zahăr în proporție de cca 61% și de către sfecla pentru zahăr în proporție de cca 39%. Cantități mai mici de zahăr se mai obțin și din prelucrarea altor specii de plante.

În zonele calde zahărul se obține din măduva trestiei pentru zahăr, plantă cu o înălțime de 2—4 m, ce dă prima recoltă la 11—24 luni, dar prin otăvire mai poate asigura 3—6 recolte. În zonele temperate zahărul se obține din sfecla pentru zahăr, suprafața ocupată de această plantă înregistrînd creșteri foarte mari mai ales în Europa. Sfecla pentru zahăr este considerată ca plantă care furnizează cel mai mare număr de calorii la hectarul de cultură. De pe o suprafață de un ha cultivată cu sfeclă pentru zahăr se obțin 4—6 t de zahăr, iar în plus încă 3 000—5 000 unități nutritive rezultate din cele 15—30 tone de colete și frunze a 120 unități nutritive/tonă, 1,5 tone de melasă a 700 unități nutritive/tonă și 15 tone de tăiței proaspeți a 50—70 unități nutritive/tonă.

Utilizarea principală a zahărului este în alimentația omului, dar acesta mai poate fi folosit pentru obținerea glicerinei, alcoolului etilic, acidului lactic, acidului citric, etc. Melasa reprezintă 4—5% din greutatea sfeclei folosite în industrializare și are diferite utilizări deoarece conține 50% zaharoză, 10—12% substanțe extractive nezaharate, 5—10% proteine, 20% apă, 7—9% substanțe minerale.

Pomii fructiferi și vița de vie. Constituie o categorie importantă de plante alimentare ale căror fructe au o valoare nutritivă ridicată, prezentînd și avantajul că pot fi consumate proaspete fără vreun proces de prelucrare. Fructele au constituit primul aliment în hrana omului, odată cu apariția sa; la început erau culese din pomii sălbatici iar apoi din cei cultivați. Este foarte greu de precizat cînd anume omul a trecut de la treapta de culegător de fructe din flora spontană la cultivarea pomilor. Pentru țara noastră, descoperirile arheologice atestă că pomii fructiferi se cultivau cu aproximativ 1 700—1 000 de ani î.e.n. Vechimea cultivării pomilor fructiferi la noi se reflectă și în numărul însemnat de soiuri vechi de origine românească, locale.

Consumul fructelor de către oameni are explicația în valoarea lor alimentară, care rezultă din compoziția

chimică variată și a formelor ușor accesibile organismului omenesc (tabelul 2). Zaharurile formează masa principală a componentelor substanței uscate din fructe, putînd ajunge în smochinele uscate la 69,1 g din 100 g de pulpă comestibilă. De asemenea în toate fructele se găsesc proteine (18,6 g în 100 g pulpă comestibilă la migdale uscate, 14,8 g în 100 g miez de nucă) și substanțe grase (64 g în 100 g miez de nucă, 62,4 g în 100 g de alune). Dar ceea ce face ca fructele să fie indispensabile pentru alimentația omului este conținutul ridicat în vitamine. Astfel, dacă ne referim la vitamina C, 100 g de fructe de măceș conțin 400—1 500 mg, coacăzele negre 100—400 mg, portocala 50—100 mg, iar lămîia 50 mg (J. Valnet, 1986). Dacă se are în vedere că doza zilnică necesară de vitamina C este pentru un sugar de cca 30 mg, pentru copilul de 1—14 ani de 30—90 mg iar pentru un adult de 75 mg, ne putem da seama cît de ușor se pot acoperi aceste necesități prin consumul de fructe.

Plante oleaginoase. Există plante care au capacitatea de a sintetiza cantități mari de grăsimi care se acumulează în semințe (floarea-soarelui, in, ricin, susan etc.), în fructe (măslin) sau atît în fructe cît și în semințe (palmieri). Acestea sînt plantele oleaginoase *tipice*, spre deosebire de plantele oleaginoase cu *utilizare mixtă*: leguminoase pentru boabe (soia, alunele de pămînt), plante textile (cînepa, bumbacul, inul pentru fuior), cereale (porumbul, sorgul), plante furajere (dovleacul), pomii fructiferi (nucul).

Plantele oleaginoase sintetizează uleiurile prin reutilizarea glucidelor acumulate anterior, ceea ce face ca proporția de zaharuri să scadă de 2 pînă la 7 ori. Conținutul de ulei (exprimat în procente din substanța uscată) variază în limite largi în funcția de specia

de plantă: floarea-soarelui — 50,8%, inul pentru ulei 46,5%, rapița 45,7%, ricinul 52,3%, arahidele 54,5%, susanul — 52,7%, soia — 17—20%) (Gh. Bîltcanu, V. Bîrnaure, 1970).

Una din principalele utilizări ale uleiurilor vegetale este în alimentația omului, acestea avînd unele calități superioare față de grăsimile animale (nu duc la acumulări mari de colesterol în sîngele consumatorilor și au digestibilitate de peste 90%). Uleiurile vegetale se folosesc și în industrie la fabricarea anticorozivilor, a coloranților, pesticidelor, produselor cosmetice dar și în tăbăcărie și industria textilă.

Plante producătoare de fibre textile. Pe lîngă lînă și fibrele sintetice, industria textilă se bazează pe fibrele vegetale produse de către diferite specii de plante. În flora globului cresc aproape 700 specii de plante care produc materii prime pentru industria textilă. Noi vom prezenta doar cîteva, cele mai importante pentru această ramură economică.

Bumbacul. Numit și „aurul alb", se cultivă de peste 5 000 de ani, India fiind recunoscută ca cel mai vechi centru de cultură și prelucrare a acestei plante, iar Egiptul ca țara care produce bumbac de cea mai bună calitate. Fibrele de bumbac, care garnisesc în număr de pînă la 10 000 fiecare sămînță sînt unicelulare, de culoare albă (pot fi și brun-roșietice sau brun-închis), lungi de 20—50 mm și groase de 15—30μ. Separarea fibrelor de sămînță, operație numită egrenare, se efectuează cu mașini speciale. În România, bumbacul se cultivă din secolul al XIX-lea, dar suprafața ocupată de această plantă este destul de mică (6 000 ha în 1977).

Bumbacul este o plantă cu valoare economică ridicată. Din 1 000 kg bumbac brut se poate obține:

Tabelul 2

Compoziția nutrițională medie a fructelor pentru 100 g pulpă comestibilă (după I. Ceaușescu și colab., 1982)

Specificare	Apă %	Calorii	Substanțe proteice	Substanțe grase	Glucide	Vitamine					Substanțe minerale				
						A I.U.	B_1 mg	B_2 mg	Niacin mg	C mg	Calciu mg	Fosfor mg	Fier mg	Sodiu mg	Potasiu mg
Afine	83,2	62	0,7	0,5	15,3	100	0,03	0,06	0,5	14	15	13	1,0	1	81
Agrișe	88,9	39	0,8	0,2	9,7	290	—	—	—	33	18	15	0,5	1	155
Alune	5,8	634	12,6	62,4	16,7	—	0,46	—	0,9	urme	209	337	3,4	2	704
Caise proaspete	85,3	51	1,0	0,2	12,8	2 700	0,03	0,04	0,6	10	17	23	0,5	1	281
Caise uscate	25,0	260	5,0	0,5	66,5	10 900	0,01	0,16	3,3	12	67	108	5,5	26	979
Castane uscate	8,4	377	6,7	4,1	78,6	—	0,32	0,38	1,2	—	52	162	3,3	12	875
Căpșuni	89,9	37	0,7	0,5	8,4	60	0,03	0,07	0,6	59	21	21	1,0	1	164
Cireșe	80,4	70	1,3	0,3	17,4	110	0,05	0,06	0,4	10	22	19	0,4	2	191
Coacăze negre	84,2	54	1,7	0,1	13,1	230	0,05	0,05	0,3	200	60	40	1,1	3	372
Coacăze roșii	85,7	50	1,4	0,2	12,1	120	0,04	0,05	0,1	41	32	23	1,0	2	257
Gutui	83,8	57	0,4	0,1	15,3	40	0,02	0,03	0,2	15	11	17	0,7	4	197
Mere	84,8	56	0,2	0,6	14,1	90	0,03	0,02	0,1	7	7	10	0,3	1	110
Migdale uscate	4,7	598	18,6	54,2	19,5	—	0,24	0,92	3,5	urme	234	504	4,7	4	778
Mure	84,5	58	1,2	0,9	12,9	200	0,03	0,04	0,4	21	32	19	0,9	1	170
Nuci	3,5	651	14,8	64,0	15,8	30	0,33	0,13	0,9	2	99	380	3,1	2	450
Pere	83,2	61	0,7	0,4	15,3	20	0,02	0,04	0,1	4	8	11	0,3	2	130
Piersici	89,1	38	0,6	0,1	9,7	1 330	0,02	0,05	1,0	7	9	19	0,5	1	202
Prune proaspete	79,7	75	0,8	0,2	19,7	300	0,03	0,03	0,5	4	12	18	0,5	1	170
Prune uscate	28,0	255	2,1	0,6	67,4	1600	0,09	0,17	1,6	3	51	79	3,9	8	604
Smochine proaspete	77,5	80	1,2	0,3	20,3	80	0,06	0,05	0,4	2	35	22	0,6	2	194
Smochine uscate	23,0	274	4,3	1,3	69,1	80	0,10	0,10	0,7	—	126	77	3,0	34	640
Struguri	81,4	67	0,6	0,3	17,3	100	0,05	0,03	0,3	4	12	20	0,4	3	173
Vișine	83,7	58	1,2	0,3	14,3	1 000	0,05	0,06	0,4	10	22	19	0,4	2	191
Zmeură	84,2	57	1,2	0,5	13,6	130	0,03	0,09	0,9	25	22	22	0,9	1	168

Notă: I.U. = unități internaționale

3 500 m pînză, 10 kg vată medicinală, 100 l ulei, 100 kg săpun, 450 kg turte și făină jurajeră (Gh. Bîlteanu, 1961).

Cînepa. Este o altă valoroasă plantă textilă, la care fibrele se formează în tulpină, în periciclu. Fibra tehnică de cînepă este formată dintr-un fascicul cuprinzînd 12—38 celule fibroase (fibre elementare) de 15-35 m lungime și 15—25 μ grosime. După recoltare, uscare și desfrunzire, tulpinile de cînepă sînt „topite" în bazine speciale cu apă (topitorii), unde sub influența unor bacterii se distrug substanțele care leagă fasciculele de fibre între ele (substanțele pectice) obținîndu-se în final fuiorul de cînepă. Fibrele de cînepă se folosesc pentru produse textile cu rezistență mare. Prin amestecarea cu fibre de bumbac (cotonizare) sau cu fibre artificiale se obțin produse textile mai fine. Semințele de cînepă conțin 30—34% ulei, 22—28% proteine, 4% substanțe minerale, fiind folosite în obținerea unui ulei sicativ foarte valoros.

Inul pentru fuior. O altă plantă textilă valoroasă la care fibrele textile se formează tot în periciclu, sub formă de fascicule ce cuprind 10—50 fibre elementare cu o lungime medie de 20 mm și o grosime de 18—20 μ. Fuiorul de in este mai fin, mai mătăsos, obținîndu-se țesături cu calități deosebite, „răcoroase", care n-au fost egalate încă de produsele similare vegetale, sintetice sau în amestecuri.

Plante producătoare de lemn, celuloză și rășini. O importanță vitală pentru omenire o au plantele producătoare de lemn. Lemnul reprezintă o materie primă universală avînd o mare varietate de utilizări. Folosit din cele mai vechi timpuri drept combustibil, material de construcție sau pentru fabricarea de mobile, mijloace de transport, instrumente casnice, s-a ajuns ca astăzi lemnul să fie valorificat superior prin industrializare. Prin diferite prelucrări mecano-chimice, din lemn se obține o pastă mecanică și celuloză, aceasta din urmă fiind utilizată pentru fabricarea hîrtiei, cartonului și mucavalei. Prin prelucrare chimică în continuare a celulozei se obține viscoză, nitroceluloză, celofan, celuloid, unele dintre aceste produse fiind folosite la rîndul lor pentru fabricarea mătăsii, a lînii artificiale și a lacurilor. Din prelucrarea ligninei se obțin lianți, substanțe tanante, materiale plastice etc.

Prin distilarea uscată a lemnului se obține cărbunele de lemn (mangalul) și smoala, iar printr-o variantă a aceluiași procedeu se obține mangalul de retortă, gaze combustibile etc. Din prelucrarea în continuare a acestora rezultă acizi organici, alcool etilic, acetonă, aldehidă formică și acetică, utilizate mai departe pentru fabricarea a numeroase produse chimice, farmaceutice etc.

Rășinile se formează în celule speciale din rădăcină sau tulpină. Coniferele, numite și plante rășinoase, produc mari cantități de rășină (pînă la 25% din substanța uscată), iar plantele foioase — cantități mult mai mici (pînă la 3% din substanța uscată). Prin purificarea rășinii se obține terebentina, utilizată la fabricarea lacurilor, vopselelor și a cauciucului sintetic. Ca produs secundar rezultă colofoniul sau sacîzul, atît de cunoscut și folosit de către muzicieni la instrumentele muzicale cu coarde.

Plante aromatice și condimentare. Plantele aromatice și condimentare au însușirea de a sintetiza substanțe aromatice (uleiuri volatile) cu gust și aromă specifică, ce se acumulează în tulpini, frunze, fructe, semințe. Multe dintre aceste plante sînt exotice (piperul, scorțișoara, vanilia, cuișoarele etc.), în zonele temperate

cultivîndu-se doar în grădinile botanice. În zonele temperate sînt cultivate alte specii de plante aromatice și condimentare, ca: ceapa, usturoiul, mărarul, leușteanul, țelina, hreanul, pătrunjelul, coriandrul, chimenul, cimbrul, hameiul, diferite varietăți de ardei etc.

Din grupul plantelor aromatice face parte și tutunul, a căror frunze se întrebuințează în industria produselor pentru fumat și în cea farmaceutică. Frunzele de tutun conțin substanțe minerale, glucide, substanțe organice cu azot, acizi organici, polifenoli, rășini, uleiuri eterice, dar substanța incriminată pentru marile prejudicii aduse sănătății fumătorilor este nicotina, principalul alcaloid cu acțiune fiziologică complexă asupra organismului. Cantitatea de nicotină din frunzele de tutun variază în funcție de soi. La soiurile de tutun de calitate superioară, nicotina se află în proporție de 0,3 pînă la 1%, la cele de mare consum de 1 pînă la 2%, iar la soiurile pentru țigări de foi — 2—4%. Alături de nicotină în frunzele de tutun se mai găsesc încă cca 10 alcaloizi secundari, dintre care cei mai importanți sînt nornicotina și anabazina.

Plante medicinale și toxice. Plantele pun la îndemîna oamenilor leacuri care au fost printre primele mijloace folosite pentru vindecarea bolilor. Astăzi se cunoaște că aceste plante medicinale au însușirea de a sintetiza alcaloizi, glicozizi, acizi organici, uleiuri eterice, glucide, substanțe emoliente, vitamine, antibiotice, materii tanante cu proprietăți terapeutice, utilizate direct de către oameni sau folosite în industria farmaceutică pentru obținerea diferitelor medicamente. Multe dintre aceste plante cresc în flora spontană, dar unele sînt cultivate în culturi speciale. La noi în țară aceste culturi ocupă o suprafață de 39 500 ha. Dintre cele aproximativ 3 600 specii de plante care cresc în flora României aproape 400 specii sînt medicinale.

Despre plantele medicinale s-au scris în ultima perioadă numeroase articole, cărți, tratate, încît este foarte greu ca în cîteva cuvinte să reușim să subliniem importanța lor. Trebuie să menționăm doar că 40—pînă la 50% din medicamentele utilizate în terapeutica umană și veterinară sînt în întregime sau parțial de origine vegetală, iar pe viitor se tinde ca această proporție să crească. În același timp nu trebuie să uităm că oricare dintre noi s-a „tratat“ de nenumărate ori cu ceaiuri, cataplasme, infuzii de tei, mușețel, mentă, sunătoare, patlagină, pelin, rostopască, cicoare, anghinare, păpădie, coada șoricelului, gălbenele, nalbă, cimbrișor, podbal, urzică, odolean, lumînărică, ca să enumerăm doar cîteva plante de leac cunoscute de poporul român. O serie de plante medicinale sînt și toxice, putînd provoca oamenilor și animalelor îmbolnăviri trecătoare sau mortale tocmai datorită conținutului crescut în unele substanțe. Într-o lucrare de sinteză recent apărută sînt menționate aproape 300 specii de plante toxice ce cresc în flora țării noastre (V. Zanoschi și colab. 1981). Utilizarea acestor plante în scop medicinal, fără a se respecta anumite doze, prezintă întotdeauna un pericol iminent de intoxicație.

Plante tinctoriale și tanante. Poporul român este cunoscut în toată lumea prin frumusețea și bogăția artistică a portului popular. Vestitele ii, covoare, ștergare românești, renumite prin armonia și echilibrul culorilor au fost cusute sau țesute cu fire vopsite cu coloranți naturali obținuți din plante. Sînt așa-numitele plante tinctoriale, care conțin substanțe colorante (aninul negru, castanul, nucul, dudul, verigariul, scorușul, bozul, frasinul, gălbenelele, șofrăneii, drobu-

şorul, scumpia, morcovul etc.). Procedeul de obţinere a culorilor, cunoscut şi transmis din generaţie în generaţie, era uneori simplu folosindu-se doar o singură specie de plante, dar adeseori pentru obţinerea unei culori trebuiau amestecate în proporţii diferite mai multe specii de plante.

În zilele noastre coloranţii chimici au înlocuit aproape exclusiv plantele tinctoriale, meşteşugul vopsitului cu coloranţi vegetali păstrîndu-se doar izolat.

Plantele tanante conţin în scoarţă, frunze, fructe taninuri utilizate pentru tăbăcitul pieilor. Dintre aceste plante enumerăm: toate speciile de stejar, bradul, castanul, aninul alb şi negru, mesteacănul, cornul, frasinul, lariţa, molidul, salcîmul, scoruşul etc.

Plantele melifere. În această categorie intră o mare diversitate de plante ale căror flori sînt bogate în polen sau nectar, fapt pentru care sînt vizitate, de multe insecte şi în special albine. Mierea de albine constituie unul din alimentele de mare valoare pentru om, datorită conţinutului său bogat în elemente nutritive uşor asimilabile, unii compuşi avînd un important rol terapeutic. Mierea, ceara, lăptişorul de matcă, sînt rezultatele prelucrării de către albine a nectarului şi polenului, diferitelor plante ierboase şi lemnoase, spontane sau cultivate în grădini, parcuri sau livezi etc.

Plantele ornamentale. Sînt specii indigene sau exotice cultivate pentru coloritul, forma şi parfumul florilor, pentru portul şi frunzişul lor, fiind folosite în scop decorativ sau peisager. Există o mare diversitate de varietăţi sau forme horticole de plante ornamentale cultivate în grădini publice sau particulare, de-a lungul străzilor, şoselelor, în zonele verzi din preajma intreprinderilor industriale, pentru acoperirea zidurilor precum şi în sere; altele sînt crescute în

diferite vase ca plante de apartament. Să nu uităm însă şi de frumoasele plante spontane care ne încîntă ochiul începînd de primăvara devreme şi apoi ori de cîte ori ne aflăm în mijlocul naturii.

CUPRINS

Redactor: ing. IULIA CHEŞU
Tehnoredactor: EUGENIA CERNEA

Bun de tipar 9. XI. 1988 Apărut 1988
Coli de tipar 3,50



Tiparul executat sub comanda
nr. 1211
Întreprinderea Poligrafică
„13 Decembrie 1918",
str. Grigore Alexandrescu nr. 89-97
Bucureşti,
Republica Socialistă România



Editura CERES

Puţini dintre noi am reflectat vreodată asupra faptului că viaţa pe Terra nu ar putea exista fără una dintre cele mai perfecţionate uzine, care nu este alta decît modesta plantă.

Lucrarea de faţă urmăreşte să reţină atenţia cititorului asupra acestui miracol, ajutîndu-l, într-un limbaj accesibil, să-i înţeleagă mecanismul.

Lei 4,25